BnF Gallica

Annales des postes, télégraphes et téléphones : recueil de documents français et étrangers concernant les services [...]

Source gallica.bnf.fr / Musée de La Poste

BnF Gallica

. Annales des postes, télégraphes et téléphones : recueil de documents français et étrangers concernant les services techniques et l'exploitation des postes, télégraphes et téléphones. 1935-07-01.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

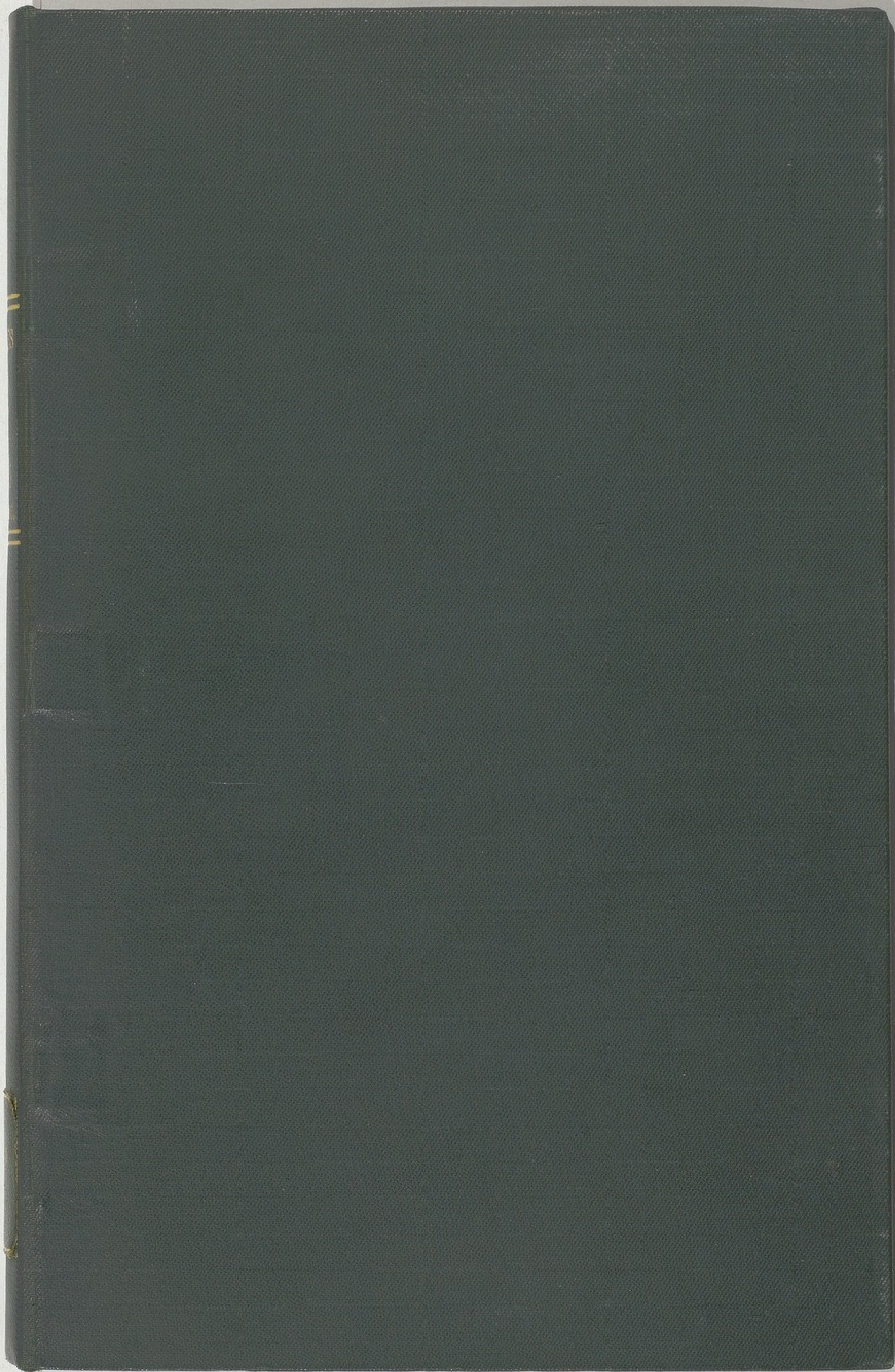
- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

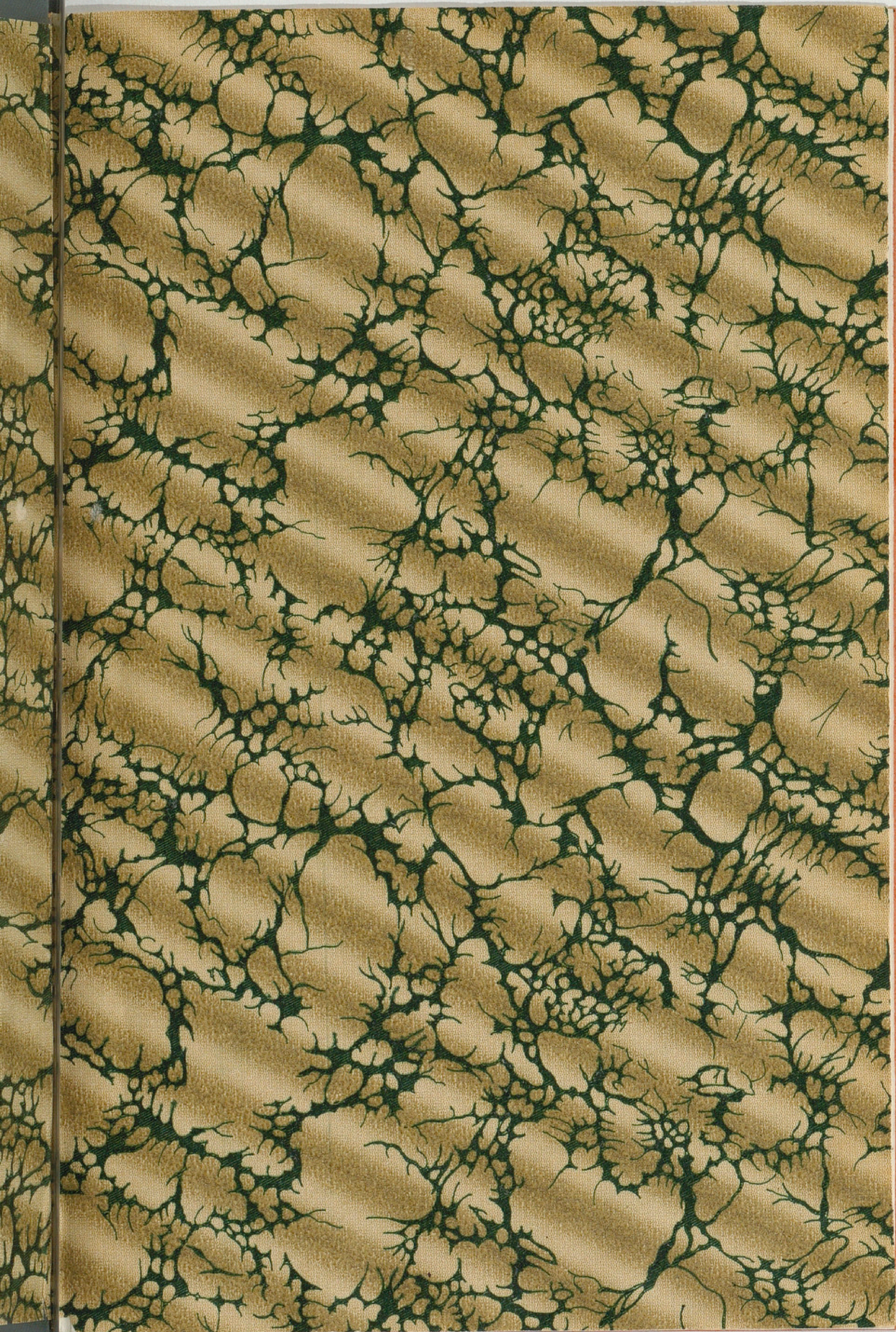
6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.



Source gallica.bnf.fr / Musée de La Poste





ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES


MUSÉE DE LA POSTE
P 8°
2

24e ANNÉE. — N° 7. JUILLET 1935. PRIX : 5 francs



ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.



LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France...... 44 francs : Etranger...... 88 francs.

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES
ET TÉLÉPHONES.

Revue mensuelle publiée par les soins
d'une commission nommée par
LE MINISTRE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES.

La commission des *Annales* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs et qui peuvent ne pas refléter la doctrine de l'administration ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

RÉDACTION : 20, RUE LAS CASES, PARIS 7e.

Téléphone : Littré 50.12.

Pour tout ce qui concerne les abonnements et la publicité, s'adresser à l'éditeur :

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE,

3, rue Thénard, Paris, 5e.

TABLE DES MATIÈRES.

Notes sur des questions traitées à la Xe assemblée plénière du C. C. I. F. — Transmission (lignes), par M. PARMENTIER, ingénieur des Postes et et Télégraphes . 609

L'acoustique dans l'architecture, *Guide pratique pour la solution des problèmes d'acoustique dans les salles, rédigé en grande partie d'après Hugh Tallant*, par D. A. KIRCHNER (*suite et fin*) 624

Les commandes photo-électriques industrielles, par Maurice WILFART 648

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES : L'influence de la longueur et de l'isolement des lignes d'abonnés sur la commutation dans le système Rotary de Paris, par G. LETELLIER, ingénieur des Postes et Télégraphes 686

REVUE DES PÉRIODIQUES : Expériences de captation de l'électricité atmosphérique 696

BREVETS D'INVENTION 701

DOCUMENTATION . . . . D. 31

NOTES SUR DES QUESTIONS TRAITÉES A LA X^{e} ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU C.C.I.F.

La dixième Assemblée plénière du Comité Consultatif International Téléphonique s'est réunie à Budapest du 3 au 10 septembre 1934 pour examiner les résultats des essais entrepris par les diverses administrations représentées relativement aux questions techniques mises à l'étude par la huitième Assemblée Plénière de Paris (1931). (La neuvième Assemblée plénière qui a siégé à Madrid en septembre 1932 ne s'est pas occupée des questions techniques mais seulement des questions d'exploitation et de tarification téléphoniques).

I. TRANSMISSION (LIGNES).

par M. PARMENTIER,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les séances de l'Assemblée plénière consacrées aux questions de transmission étaient présidées par M. le colonel Lee, ingénieur en chef du Post Office britannique.

Dans une réunion préliminaire tenue à Stockholm dans la première quinzaine de juin 1934 sous la présidence de M. le Directeur Ministériel Hopfner (Allemagne), la 3$^{\text{ème}}$ Commission de Rapporteurs avait examiné un certain nombre de questions relatives à la transmission téléphonique et à la maintenance des circuits internationaux. Elle avait pu ainsi préparer sur ces diverses questions des projets d'avis à émettre par la 10^{e} Assemblée plénière de Budapest.

Nous allons brièvement analyser ci-après les principaux résultats auxquels elle est parvenue.

Programme d'interconnexion. — L'une des questions les plus importantes étudiées par l'A.P. concerne les directives pour l'établissement d'un programme général d'interconnexion des circuits téléphoniques internationaux européens. Préoccupée de faciliter

dans toute la mesure actuellement possible les communications téléphoniques internationales l'Assemblée a décidé que tout en conservant la valeur précédemment adoptée pour limite de l'équivalent de référence entre deux abonnés il convenait de modifier les limites de l'équivalent de référence des systèmes émetteurs et récepteurs nationaux.

Ces modifications résultent de la réduction de l'équivalent des circuits à 4 fils utilisés dans le service international de transit.

L'A.P. a jugé qu'il est actuellement possible de ramener de 1,3 néper à 0,3 néper l'équivalent du circuit international de transit en consentant une tolérance de ± 0,2 néper pour tenir compte des variations accidentelles de l'équivalent dans les conditions du service.

Le tableau suivant indique la correspondance entre les anciennes et nouvelles valeurs des équivalents de référence des diverses parties d'une communication internationale (service de transit).

	A.P. de Paris (1931)	A.P. de Budapest (1934)
Equivalent du système émetteur national	2,0	2,3
Equivalent du circuit international (valeur maximum)	1,3	0,5
Equivalent du système récepteur national	1,3	1,8
Equivalent de la liaison complète entre abonnés	4,6	4,6

Comme on le voit la réduction d'équivalent opérée sur le circuit international a simplement permis d'accroître d'une manière sensible l'équivalent des systèmes émetteur et récepteur nationaux.

La nouvelle réglementation tire avantage de la réduction de l'équivalent du circuit international pour faire participer au service universel des abonnés dont les lignes locales constituées par des fils de petit diamètre peuvent comporter de très longs parcours en câble comme c'est le cas dans la banlieue des grandes villes. On

évite ainsi des dépenses considérables dans la construction des réseaux locaux.

La différence entre les valeurs limites fixées pour l'équivalent du système émetteur national (2,3 népers), et pour l'équivalent du système récepteur national (1,8 néper) est de 0,5 néper. Elle représente la moyenne actuelle de la différence entre les équivalents de référence d'un poste téléphonique, mesurés respectivement à l'émission et à la réception.

Les conditions d'équivalent du circuit international se trouvant ainsi précisées il convient d'examiner l'influence des principaux effets nuisibles.

Stabilité et effets d'écho. — Une valeur aussi réduite (0,3 ± 0,2) de l'équivalent en service de transit oblige à prendre des précautions supplémentaires pour assurer la stabilité du circuit international.

C'est ainsi que l'A.P. a fixé à 0,3 néper la valeur minimum de l'affaiblissement d'équilibrage mesuré sur chaque système national au bureau tête de ligne international afin d'être assuré que la stabilité en service du circuit international en position de transit soit d'au moins 0,4 néper.

Aux termes des nouveaux avis émis à Budapest les circuits de transit internationaux sont tous des circuits à 4 fils munis de suppresseurs d'écho.

Il en résulte que si on néglige l'écho résiduel sur le circuit international il suffit de préciser la valeur minimum de l'affaiblissement des courants d'écho pour la personne qui parle, sur les lignes nationales. Une courbe a été tracée donnant cette valeur minimum en fonction du temps de propagation de l'écho sur les lignes nationales.

Distorsion d'affaiblissement. — Bande de fréquences effectivement transmises. — Les conditions précédentes étant supposées satisfaites, d'autres effets perturbateurs proviennent encore de la distorsion d'affaiblissement (caractérisée par la bande des fréquences

transmises) de la distorsion de phase, de la distorsion de non-linéarité et des bruits.

Tous ces phénomènes combinent leurs effets pour réduire la qualité de la transmission. Pour conserver une qualité satisfaisante on s'efforce de compenser par une réduction de la distorsion d'affaiblissement admise sur les circuits destinés aux communications à grande distance les effets de la distorsion de phase et de la distorsion de non-linéarité.

Mais pour éviter d'inutiles dépenses il convient de déterminer dans quelle mesure un élargissement de la bande des fréquences effectivement transmises est susceptible d'améliorer la qualité de la transmission.

Des essais effectués au Laboratoire du S.F.E.R.T. ainsi que d'autres essais semblables effectués antérieurement par l'American Telephone and Telegraph Company et par l'Administration Téléphonique de Suède montrent qu'on obtient une amélioration notable de la qualité de la transmission quand on élève la fréquence maximum effectivement transmise de la valeur 2000 p : s à la valeur 2600 p : s. Une élévation de cette fréquence maximum au-delà de 2600 p : s ne semble pas procurer un gain important de ne teté avec les appareils à microtéléphones combinés des types commerciaux actuels. Se basant sur ces premiers résultats l'A.P. a recommandé que les circuits internationaux d'une longueur comprise entre 300 et 3000 km transmettent une bande de fréquences allant de 300 à 2600 p : s.

Au contraire, à des distances inférieures à 300 km, lorsqu'il s'agit seulement de trafic terminal, les effets de la distorsion de phase et de la distorsion de non-linéarité sont moins gênants et on peut tolérer une distorsion d'affaiblissement plus considérable. C'est ainsi qu'à ces distances on peut continuer à utiliser des circuits à deux fils transmettant seulement une bande de fréquences allant de 300 à 2400 p : s.

L'économie qui résulte de ces dispositions est d'autant plus intéressante qu'elle porte sur les nombreux circuits nécessaires pour écouler le trafic téléphonique très intense à ces faibles distances.

Distorsion de phase. — Phénomènes transitoires. — Les phénomènes transitoires résultent des différences entre les temps de propagation aux différentes fréquences.

L'A.P. après avoir examiné l'influence de la distorsion de phase a adopté une définition de « l'indice de distorsion de phase » pour une fréquence (différence entre la valeur de la dérivée du déphasage par rapport à la pulsation à la fréquence considérée et la valeur minimum de cette dérivée dans toute la bande des fréquences téléphoniques envisagées). Elle a en outre maintenu la limite de 30 millisecondes pour l'indice de distorsion de phase pour toute fréquence de la bande effectivement transmise, ce qui empêche que les effets produits par la distorsion de phase puissent devenir gênants, mais il apparaît encore difficile de préciser la réduction de qualité de transmission produite par cette distorsion de phase résiduelle sur les circuits des différentes longueurs satisfaisant aux recommandations précédentes. L'A.P. a décidé que les essais seraient poursuivis dans ce sens.

Distorsion de non-linéarité. — Une étude théorique a permis de classer les principaux effets de la non-linéarité d'un système téléphonique.

Cet examen a abouti à la définition de « l'affaiblissement de distorsion harmonique » et de la « variation d'affaiblissement en fonction de l'amplitude ».

Il résulte d'essais faits par le laboratoire du S.F.E.R.T. ainsi que par les Administrations allemande et britannique que, dans l'intervalle de variation de la puissance auquel on a affaire en pratique, la netteté baisse lentement lorsque la puissance augmente ; c'est seulement pour des puissances considérables que l'on rencontre rarement dans les conversations téléphoniques commerciales de la pratique que la réduction relative de netteté est appréciable.

Cependant on observe une altération sensible du timbre avant que les effets perturbateurs dus à la non-linéarité ne soient gênants pour la netteté.

On étudiera dans un avenir prochain les limites pratiques imposées à la non-linéarité par cette altération du timbre.

Bruits. — A la suite des travaux des 1ère, 3e, 4e et 5e C. R. l'Assemblée plénière a décidé de substituer l'expression « force électromotrice psophométrique » à l'expression « tension de bruit » actuellement employée. Elle a précisé et modifié légèrement d'autre part les recommandations antérieures du C.C.I.F. relatives aux caractéristiques que doivent présenter les psophomètres utilisés pour la mesure objective des bruits existant sur les circuits téléphoniques commerciaux.

En particulier la courbe du réseau filtrant de ces appareils a été légèrement modifiée pour les très basses fréquences afin de tenir compte des résultats de nombreux essais supplémentaires qui ont été faits tout récemment à ce sujet dans divers pays et notamment aux Etats-Unis d'Amérique. Mais la courbe désormais choisie doir rester valable pendant une très longue période.

L'A.P. a d'autre part maintenu les limites de 2 et 5 millivolts pour la f.e.m. psophométrique mesurée respectivement à l'extrémité d'une ligne en câble souterrain ou d'une ligne en fils nus aériens, les organes de bureau ou les installations d'amplification étant déconnectés.

Elle a enfin décidé de poursuivre l'ensemble des études relatives aux bruits induits.

Valeur du temps de propagation à 1.000 p : s. — L'augmentation du temps de propagation ralentit la succession des demandes et des réponses. En outre, s'il existe des dispositifs de commutation à la voix (notamment des suppresseurs d'écho) il peut arriver que des parties de conversation se trouvent supprimées.

Le C.C.I.F. s'était déjà préoccupé de préciser à ce sujet que sur une communication internationale le temps total de propagation et le temps de propagation entre les deux suppresseurs d'écho les plus éloignés ne devaient pas respectivement dépasser les limites de 250 et 100 millisecondes (A.P. Paris, 1931).

Une analyse détaillée des perturbations amène à distinguer divers cas particuliers parmi lesquels nous citerons le cas du circuit ayant un seul suppresseur d'écho et le cas du circuit ayant deux suppresseurs d'écho.

Quand il n'existe sur le circuit qu'un suppresseur d'écho il faut que celui-ci, une fois actionné, reste en position de fonctionnement jusqu'à ce que les échos aient disparu. Ce « blocage » empêche la personne qui écoute d'interrompre la personne qui parle jusqu'à ce que celle-ci fasse une pause de durée au moins égale au temps de blocage.

Le cas où le circuit comporte deux suppresseurs d'écho est encore plus important. En pareil cas si les deux correspondants commencent à parler à peu près en même temps aucun des deux ne peut être entendu puisque chacun en actionnant le suppresseur d'écho le plus voisin de lui empêche les courants de conversation de son correspondant de lui parvenir. Il se produit alors un « trou » dans la conversation et la probabilité de ce phénomène augmente avec le temps de propagation total.

Ces études théoriques ont été accompagnées d'essais d'appréciation d'où il résulte que la précision relative au temps de propagation entre les suppresseurs d'écho les plus éloignés ne paraît pas nécessaire, mais l'A.P. a décidé par contre de maintenir la première condition limitant à 250 millisecondes le temps de propagation total.

Bien qu'il ne soit pas encore possible de répartir ce temps total de propagation entre les différentes parties constitutives d'une communication internationale, l'A.P. a précisé que les circuits internationaux utilisés au service de transit doivent être constitués avec des lignes sur lesquelles la vitesse de propagation est au moins égale à 30.000 km/sec.

Circuits à très grande vitesse de propagation. — En vue de l'établissement de très longs circuits internationaux l'A.P. recommande de réserver à l'avenir dans les grandes artères du réseau européen, un nombre restreint de circuits ayant une vitesse de propagation plus grande que celle permise par les circuits à charge légère.

De tels circuits peuvent être des circuits à charge extrêmement légère ou des circuits non chargés. Mais dans ce dernier cas les stations de répéteurs ne peuvent pas être, dans les conditions

actuelles de construction, distantes de plus de 40 ou 50 kilomètres.

La charge extrêmement légère ou l'absence de charge permettent d'utiliser ces circuits en téléphonie multiple procurant plusieurs voies téléphoniques par paire de conducteurs. Ce procédé diminue le prix de revient de chaque voie téléphonique dans des proportions très importantes.

La réalisation de telles installations, qui doit semble-t-il être envisagée pour un très proche avenir, nécessite que certains accords techniques interviennent au préalable.

Déjà l'A.P. de Budapest a recommandé que l'on choisisse la fréquence 6000 p : s comme fréquence porteuse sur les circuits téléphoniques procurant en plus de la voie ordinaire à basse fréquence une voie de communication téléphonique à courant porteur.

L'A.P. a décidé de poursuivre les études relatives à ces circuits pour choisir les fréquences porteuses à utiliser, et la bande latérale de modulation (supérieure ou inférieure) à transmettre, préciser s'il convient de transmettre ou non le courant porteur, fixer enfin les conditions relatives à la non-linéarité qui doivent être imposées aux systèmes téléphoniques à courants porteurs.

***

Indépendamment des recommandations applicables à l'ensemble d'un circuit téléphonique l'A.P. a précisé certaines des recommandations relatives aux lignes ou aux appareils des stations de répéteurs. C'est ainsi que les points suivants ont fait l'objet d'une étude particulière.

Lignes. — *Déséquilibre de capacité externe d'un circuit de la couche extérieure.* — L'A.P. a établi une définition et indiqué des méthodes de mesure pour le déséquilibre de capacité externe d'un circuit de la couche extérieure.

Dans les spécifications antérieures les cahiers des charges considéraient seulement les déséquilibres des circuits par rapport à la terre en prenant pour terre l'ensemble des conducteurs autres que ceux de la quarte en essai réunis à l'enveloppe mise

à la terre. Cette clause était appliquée même aux circuits des quartes periphériques.

Or en raison de l'effet protecteur que les couches périphériques exercent vis-à-vis des couches centrales c'est surtout dans la couche périphérique que se manifestent les phénomènes de bruit.

On a proposé dans ce dernier cas de substituer à cette mesure du déséquilibre par rapport à l'ensemble des autres conducteurs et à l'enveloppe mise à la terre, la mesure du déséquilibre de capacité par rapport à l'enveloppe seule mise à la terre les autres fils étant portés au potentiel des fils en essai ou déséquilibre de capacité externe.

L'A.P. a décidé que, dans le cas où l'on désire imposer des limites aux déséquilibres de capacité externes, il y a lieu de substituer à chaque clause relative aux limites des déséquilibres des capacités par rapport à la terre une clause relative aux limites des déséquilibres de capacités externes, en conservant la même valeur numérique de déséquilibre maximum admissible.

Affaiblissement de régularité. — L'affaiblissement de régularité de la section d'amplification d'un circuit à 2 fils limite la stabilité qu'il est possible d'obtenir sur le circuit entier.

Aussi l'A. P. a-t-elle précisé dans une recommandation nouvelle que l'affaiblissement de régularité de la section d'amplification d'un circuit international à 2 fils ne doit pas être inférieur à 3,1 népers pour aucune des fréquences de la bande effectivement transmise.

Appareils des stations de répéteurs. — *Tubes à vide.* — L'A.P. s'est bornée à donner des directives générales concernant les points suivants :

1° tensions et intensités de courant en service pour la cathode, tensions en service pour la grille et la plaque ;

2° intensité du courant de grille dans l'intervalle de fonctionnement et isolement en courant continu entre les électrodes ;

3° valeurs de la résistance intérieure et de la constante de pénétration ou de la constante d'amplification ;

4° valeurs des capacités grille-cathode et grille-plaque ;

5° valeur du coefficient de distorsion harmonique.

La question du « bruit de fond » et du « bruit microphonique » produits par les lampes et dont la mesure même présente de sérieuses difficultés a été mise à l'étude.

Coefficient de réflexion entre ligne et répéteur. — L'A.P. a décidé que sur les circuits à 2 fils en câble le coefficient de réflexion entre une ligne et son répéteur ne doit pas être supérieur à 0,2 s'il s'agit d'une ligne à charge mi-forte et à 0,1 s'il s'agit d'une ligne à charge légère, dans toute la bande des fréquences effectivement transmises. On améliore ainsi les conditions de stabilité du circuit à 2 fils.

Répéteurs à deux fils sur circuits aériens. — Dans le réseau téléphonique européen il existe encore de longues lignes aériennes ou mixtes comportant nécessairement des répéteurs.

Il était désirable d'obtenir des résultats d'expériences pratiques concernant les conditions relatives à la construction des lignes, au réglage des répéteurs, à la réalisation des équilibreurs.

Une étude théorique donne la relation générale qui existe entre les affaiblissements de régularité des sections d'amplification, l'équivalent du circuit entre ses extrémités et la stabilité.

A la suite de cette étude et des essais effectués par l'Administration hongroise des Téléphones, l'A. P. a indiqué les conditions suivantes :

1° L'affaiblissement composite d'une section d'amplification doit être voisin de 1,2 néper.

2° Les sections de lignes en fils nus aériens ou de lignes mixtes utilisées dans le réseau téléphonique international européen doivent être construites avec une régularité suffisante et être entretenues avec un soin suffisant pour obtenir les affaiblissements de régularité suivants :

a) Dans le cas de lignes comportant un seul répéteur situé au milieu du circuit, l'affaiblissement de régularité de chaque section d'amplification doit avoir au moins la valeur de l'équivalent du circuit (sans le répéteur) ; si le répéteur n'est pas inséré au milieu du circuit, une majoration d'environ 0,2 néper suffit.

b) Si deux répéteurs sont insérés sur la ligne une majoration de 0,4 néper suffit, en supposant que les longueurs des trois sections d'amplification sont sensiblement égales.

Si plus de deux répéteurs sont insérés sur la ligne, la majoration doit être encore plus élevée.

S'il s'agit de lignes ne comportant aucune section en câble, les résultats ci-dessus sont facilement atteints.

Le même résultat peut être atteint si les courtes sections de câbles inévitables insérées sur les lignes en fils nus aériens sont krarupisées ou pupinisées conformément aux avis du C.C.I.F.

3° Des précautions particulières doivent être prises pour la réalisation des équilibreurs notamment lorsque le circuit en fils nus aériens est amené dans le bureau par un câble d'amorce chargé ou non chargé afin de tenir compte de la modification d'impédance apportée par le câble d'amorce.

Cahiers des charges types. — Indépendamment de toutes les modifications précédentes l'A. P. a procédé à une revision complète des spécifications recommandées par le C.C.I.F.

Le C.C.I.F. s'est toujours borné à spécifier seulement les « clauses techniques essentielles » des cahiers des charges afin de maintenir la concurrence entre fournisseurs des administrations téléphoniques tout en assurant une bonne adaptation des sections successives d'un même câble téléphonique international construites séparément par les pays intéressés, et pour garantir, par suite, une bonne transmission sur l'ensemble de la communication entre deux abonnés très éloignés. Ces clauses techniques essentielles ont été mises en accord avec les progrès les plus récents obtenus dans la construction des installations téléphoniques.

Appareils de mesure. — L'A.P. a fixé les caractéristiques essentielles des hypsographes utilisés en Europe tant sur les circuits internationaux que sur les circuits pour transmissions radiophoniques.

Ces appareils se composent :

1° d'un dispositif émetteur constitué par un oscillateur hétérodyne dont on fait varier la fréquence d'une manière continue ;

2° d'un dispositif récepteur constitué par un voltmètre amplificateur associé à un instrument enregistreur.

Dans un premier mode de construction de l'hypsographe, un signal de départ est envoyé par le dispositif émetteur peu de temps avant l'émission de la série continue des fréquences de mesure ; ce signal met en marche le dispositif récepteur de sorte que le déplacement de la bande d'enregistrement correspond à la succession dans le temps des fréquences de mesure.

Dans un deuxième mode de construction de l'hypsographe aucun signal de départ n'est utilisé mais un dispositif spécial marque un repère sur la bande d'enregistrement au moment où le dispositif récepteur reçoit une fréquence particulière. Connaissant d'autre part la loi de succession dans le temps des fréquences de mesure, on marque après coup à l'aide d'un timbre en caoutchouc, et en tenant compte du repère, l'axe des fréquences sur la bande d'enregistrement.

Ces appareils permettent de mesurer les affaiblissements ou gains composites et remplacent dans toutes leurs applications les hypsomètres habituels. Mais ils permettent en outre d'effectuer automatiquement et rapidement toutes sortes de mesures, telles que la mesure des affaiblissements d'équilibrage par la méthode de l'équilibromètre, la détermination du point d'amorçage ou de la stabilité, l'étude des distorsions dues aux couplages par réaction, la mesure du temps de propagation d'un quadripôle, la mesure de la distorsion harmonique, le relevé des courbes diaphonie-fréquence.

En outre des méthodes ont été précisées pour les mesures aux fréquences élevées allant jusqu'à 50.000 p : s.

Maintenance. — La sous-commission de maintenance a procédé à une revision des consignes et documents de maintenance. Elle s'est particulièrement préoccupée de préciser les consignes relatives aux circuits à courant porteur.

Le nombre chaque jour plus grand des circuits à grande distance et la nécessité de réduire au minimum les frais d'entretien ont amené la sous-commission à simplifier les opérations demandées

au personnel des stations de répéteurs dans toute la mesure compatible avec un bon entretien.

Il est d'ailleurs apparu que la plus grande prudence devait être observée et l'A.P. s'est bornée à réduire la périodicité des mesures de gains des répéteurs et à simplifier en les complétant les documents échangés entre services techniques lors de la mise en service d'un nouveau câble ou d'un nouveau circuit.

Enfin un premier programme de mesures périodiques sur les circuits internationaux pour transmissions radiophoniques a été établi.

Circuits télégraphiques. — L'A.P. a donné de nouvelles recommandations pour le réglage des circuits de télégraphie harmonique.

Elle a examiné les possibilités de transmissions télégraphiques privées entre deux abonnés au téléphone et a donné des spécifications provisoires concernant la fréquence (1500 p : s) et la puissance à utiliser pour ces transmissions.

Les précautions nécessaires pour permettre l'emploi des circuits téléphoniques à la télégraphie ultra-acoustique ont fait l'objet d'études. Il a été décidé que, pour préciser les conditions d'entretien de telles liaisons télégraphiques, un essai serait fait très prochainement sur le circuit Paris—Stockholm qui emprunte plusieurs pays et constituera par là une expérience précieuse pour la maintenance de tels circuits.

Circuits pour transmissions radiophoniques. — L'A.P. d'accord avec les représentants de l'Union internationale de Radiodiffusion a examiné certaines recommandations relatives à la construction, au réglage et à l'exploitation des circuits pour transmissions radiophoniques.

Lorsque ces circuits spéciaux sont placés sous écran il est généralement avantageux d'isoler cet écran du sol. Toutefois, dans les cas particuliers où ces circuits font partie de la couche périphérique du câble, il est préférable de ne pas isoler l'écran afin d'éviter des frais inutiles.

Les conditions relatives à la distorsion de phase admissible

sur ces circuits ont particulièrement retenu l'attention. Il a été décidé de considérer comme admissible sur ces circuits la valeur de 10 millisecondes pour l'indice de distorsion de phase pour la fréquence 6400 p : s, et à titre provisoire, la valeur de 80 millisecondes pour la fréquence 50 p : s sous réserve d'expériences ultérieures et aussi sous réserve de l'extension possible vers les basses fréquences par exemple jusqu'à 30 p : s.

Pour obtenir une collaboration efficace entre les ingénieurs du téléphone et ceux de la radiodiffusion sur ces questions qui sont communes aux deux techniques, une Commission mixte a été créée qui groupe des représentants du C.C.I.F. et des représentants de l'Union Internationale de Radiodiffusion. Cette commission, qui s'est déjà réunie à Cologne et à Budapest, a fixé le programme d'une série d'essais systématiques à effectuer en 1935 sur des circuits internationaux déterminés servant aux relais des émissions radiophoniques. Ces essais comprendront en particulier des mesures de niveaux à différentes fréquences (entre 50 et 7000 p : s), des mesures de distorsion non-linéaire, des mesures de bruit et des mesures de volume avec les différents volumètres qui ont été spécifiés par le C.C.I.F.

A la suite des travaux de cette Commission, l'A.P. a jugé utile de formuler dès à présent quelques recommandations essentielles relatives au réglage des circuits servant au relais des émissions radiophoniques.

De tels circuits devront transmettre avec un affaiblissement, pour les fréquences extrêmes, supérieur de 0,5 néper au plus à l'affaiblissement à 800 p : s, une bande de fréquences s'étendant de 50 à 6400 p : s.

Plusieurs méthodes de réglage de la contre-distorsion sont possibles suivant qu'on utilise, pour caractériser le réglage des amplificateurs, la tension ou la force électromotrice de sortie.

Dans l'une d'elles la contre-distorsion est réglée de telle sorte que la tension à la sortie de l'amplificateur soit indépendante de la fréquence. Il est avantageux de disposer dans ce cas d'un amplificateur dont l'impédance de sortie soit faible. Cette méthode a reçu le nom de « méthode à tension constante ».

Dans une autre méthode la contre-distorsion est réglée de façon à maintenir une force électro-motrice à la sortie de l'amplificateur indépendante de la fréquence. Cette méthode a reçu le nom de « méthode à f.e.m. constante ».

On peut encore envisager d'autres méthodes, notamment celle, récemment proposée, qui consiste à maintenir constante la tension mesurée aux bornes d'une résistance élevée à l'intérieur d'un répéteur et qui est dite « à tension interne constante ».

En attendant les résultats des essais entrepris en collaboration avec le C.C.I.F., et l'Union Internationale de Radiodiffusion, l'A.P. recommande l'emploi de la méthode à tension constante.

En vue de réduire les effets nuisibles de la diaphonie et de la distorsion non-linéaire, l'A.P. a spécifié que la puissance transmise au cours d'une émission radiophonique, ne doit en aucun point des lignes de transmission dépasser 50 milliwatts.

Ce résultat sera obtenu par les dispositions suivantes : on limite d'une part la tension développée au cours d'une émission radiophonique, à l'origine du système (par convention, on a fixé cette origine à la sortie du dernier amplificateur placé sous le contrôle de l'organisme de radiodiffusion qui assure l'émission) ; cette tension ne doit jamais dépasser 1,55 volt (soit $2 \times 0,775$ volt). D'autre part on fixe la valeur de la différence de niveau mesurée en régime sinusoïdal à 800 p : s entre la sortie de l'un des répéteurs et l'origine conventionnelle du circuit (cette différence de niveau doit être égale à 0,7 néper avec une tolérance de $\pm$ 0,2 néper) ; en effet une tension à l'origine de 1,55 volt donne, en un point de dénivellement $0,7 + 0,2 = 0,9$ néper, une puissance de 50 milliwatts dans une impédance d'environ 300 ohms.

L'A.P. a également précisé les conditions dans lesquelles doivent être effectués les réglages, non seulement sur le circuit international proprement dit, mais encore sur les lignes et installations qui raccordent le circuit au studio d'une part et à l'antenne émettrice d'autre part.

(A suivre.)

L'ACOUSTIQUE DANS L'ARCHITECTURE, (1)

guide pratique pour la solution des problèmes d'acoustique dans les salles,
rédigé en grande partie d'après Hugh Tallant,

par D. A. KIRCHNER.

(Suite et fin.)

V. Exemples

Dans la Ire partie, nous avons exposé les principes théoriques des propriétés des sons ; dans la partie II, nous avons montré comment on peut appliquer ces principes dans la pratique. La partie III donne quelques méthodes de calcul de la force, de la clarté et du volume des sons. La partie IV montre comment on peut éviter ou corriger les défauts qu'une salle peut présenter au point de vue de l'acoustique. La Vème et dernière partie fournit quelques données relatives à des salles de réunion et de concerts existantes ; nous examinerons quelques essais faits dans ces salles et nous rappellerons les exigences auxquelles devaient satisfaire ces salles.

Il est utile de donner une précision relative à la grandeur des salles. Le fait qu'un son direct ne peut être compris facilement qu'à une distance de 15 m fournit une base naturelle de mesure permettant de classer les salles en trois catégories :

1° Salles n'ayant aucune dimension supérieure à 15 mètres.
2° Salles n'ayant qu'une seule dimension supérieure à 15 m.
3° Salles dont deux ou toutes les dimensions sont supérieures à 15 m.

---

1. Voy. *Annales des P.T.T.*, nos 5 et 6, 1935.

Les conséquences des différences dans les formes, les matériaux, le mobilier, et les arrangements intérieurs seront examinées par rapport à la catégorie à laquelle la salle appartient.

1. Salles dont aucune dimension n'est supérieure à 15 m. — Les auditeurs sont nécessairement assez rapprochés de l'orateur pour que la force du son soit toujours suffisante ; dans les conditions normales de matériaux et de construction, l'intensité à l'arrivée sera plus que satisfaisante pour masquer les interférences éventuelles. Les réflexions sont si rapides qu'il n'y a aucune possibilité d'écho, ni de réverbération simultanée ; ainsi, la solution du problème de l'acoustique ne demande qu'un choix approprié des matériaux et du mobilier en vue d'obtenir la réverbération désirable.

Nous donnons ci-dessous les résultats de quelques essais faits dans diverses salles par les professeurs américains Wallace C. Sabine et Hugh Tallant. Tous les calculs ci-dessous sont faits en utilisant la formule :

$$(A + X)\ T = 1{,}926\ V.$$

et sont basés sur les coefficients d'absorption donnés antérieurement, sauf dans deux cas qui seront mentionnés séparément. Nous commençons donc par les données de salles appartenant à la 1re catégorie.

Pour cinq salles, dont le volume est compris entre 70 et 200 m³, le meilleur résultat a été obtenu avec une réverbération de 1,08 seconde. Dans une salle de 90 m³, essayée par Tallant, une réverbération de une seconde était suffisante pour le piano, mais un peu trop longue pour la parole et le chant. Pour des salles de 200 à 400 m³, il semble qu'une réverbération d'un peu plus d'une seconde soit bonne dans tous les cas. Dans ces salles, le nombre des auditeurs et le volume qu'ils occupent sont sujets à de telles variations qu'il est impossible de faire aucun calcul précis.

Des essais très exacts ont été faits dans la salle du *New York Music School Settlement*, qui contient environ 840 m³. Le plancher n'est pas recouvert, les murs et le plafond sont en plâtre et à l'ex-

ception de deux légers rideaux, la salle ne contient aucune tenture.

Lorsque l'opérateur et son assistant étaient seuls présents, la réverbération, réelle et calculée, durait un peu plus de 5 secondes, au point que ces deux personnes, mêmes rapprochées, ne pouvaient se comprendre qu'à grand'peine. Quand la salle était à moitié remplie, la réverbération était réduite à 1,3 ou 1,4 seconde, ce qui donnait un résultat très satisfaisant.

La salle d'audition du *Brooklyn Institute of Arts and Sciences* a un volume d'environ 1460 m³. Cette salle ne devant servir qu'à des conférences et à des assemblées a été étudiée avec le plus grand soin en vue d'obtenir une réverbération de 1 seconde. Mais elle sert aussi à des exécutions musicales pour lesquelles la sonorité a été reconnue insuffisante. Lorsque la salle est vide, comme pendant les répétitions, la réverbération est d'environ 1,25 seconde et la sonorité est beaucoup meilleure, bien qu'encore insuffisante pour la musique.

L'*Institute of Musical Art of the City of New York* a une salle appelée le *Recital Hall* qui contient 1380 m³ ; elle est donc sensiblement aussi vaste que celle du *Brooklyn Institute*. L'acoustique de cette salle a été vérifiée il y a quelques années par Hugh Tallant accompagné par 15 à 20 assistants. Les résultats sont un peu incertains parce qu'on ne connaissait pas exactement le pouvoir absorbant du plancher de liège. La réverbération durait vraisemblablement un peu plus de 1,6 seconde.

Il y a toujours une différence suivant que la salle est oblongue ou carrée. L'acoustique sera meilleure si les musiciens ou les orateurs sont placés sur un petit côté d'une salle oblongue ou dans un angle d'une salle carrée. Les figures 37 et 38 donnent en plan le plancher et le plafond d'une petite salle de conférences de forme carrée. Cette salle a environ 14 m en longueur et en largeur et contient 1100 m³. Le plancher n'est pas revêtu, les sièges sont nus et il n'y a aucune autre tenture qu'un écran pour projections. Dans ces conditions, le pouvoir absorbant dépend surtout du nombre des auditeurs. Le projet de cette salle a été étudié avant que l'on connaisse les valeurs précises des coefficients d'absorption. Il est

clair que sans calculs précis, le danger d'une réverbération exagérée était manifeste. Pour y remédier, on a disposé au plafond des ner-

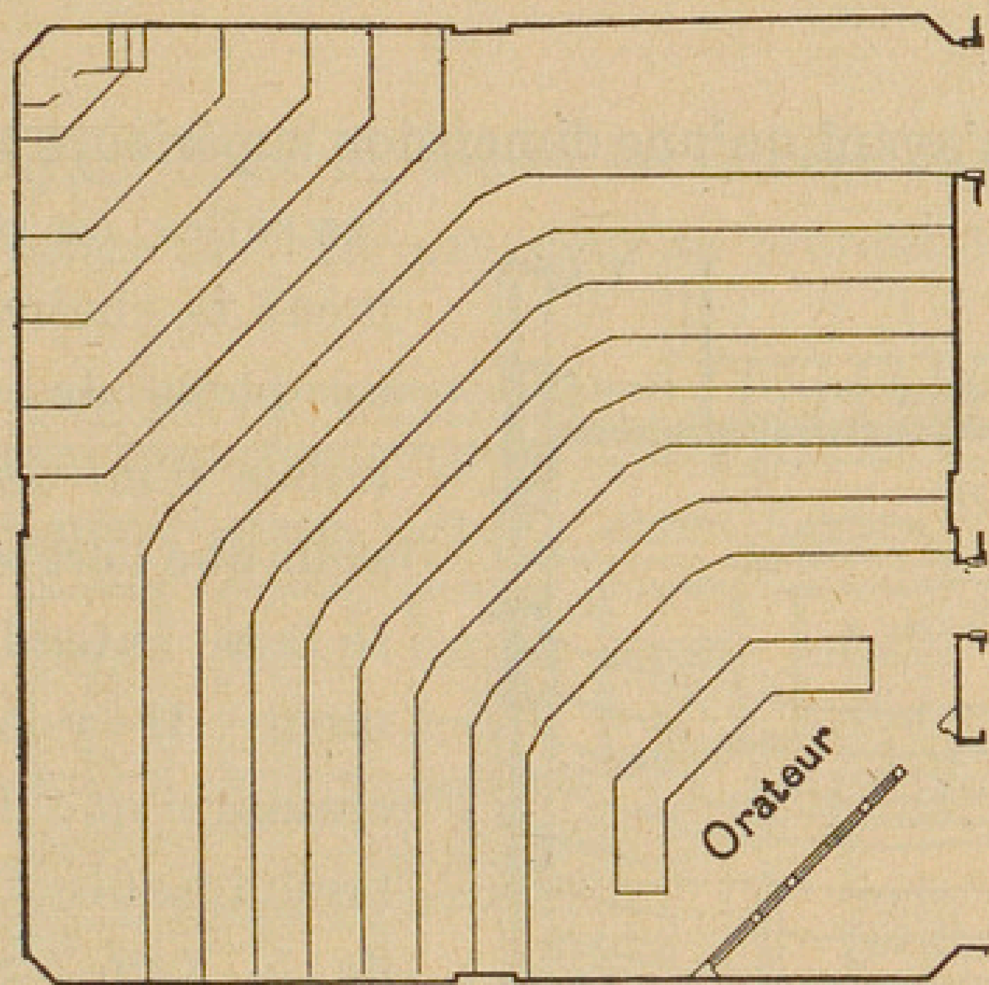


Fig. 37.

vures en saillie pour réfléchir les sons vers le plancher aussi rapidement et aussi souvent que possible. De cette façon, on espérait

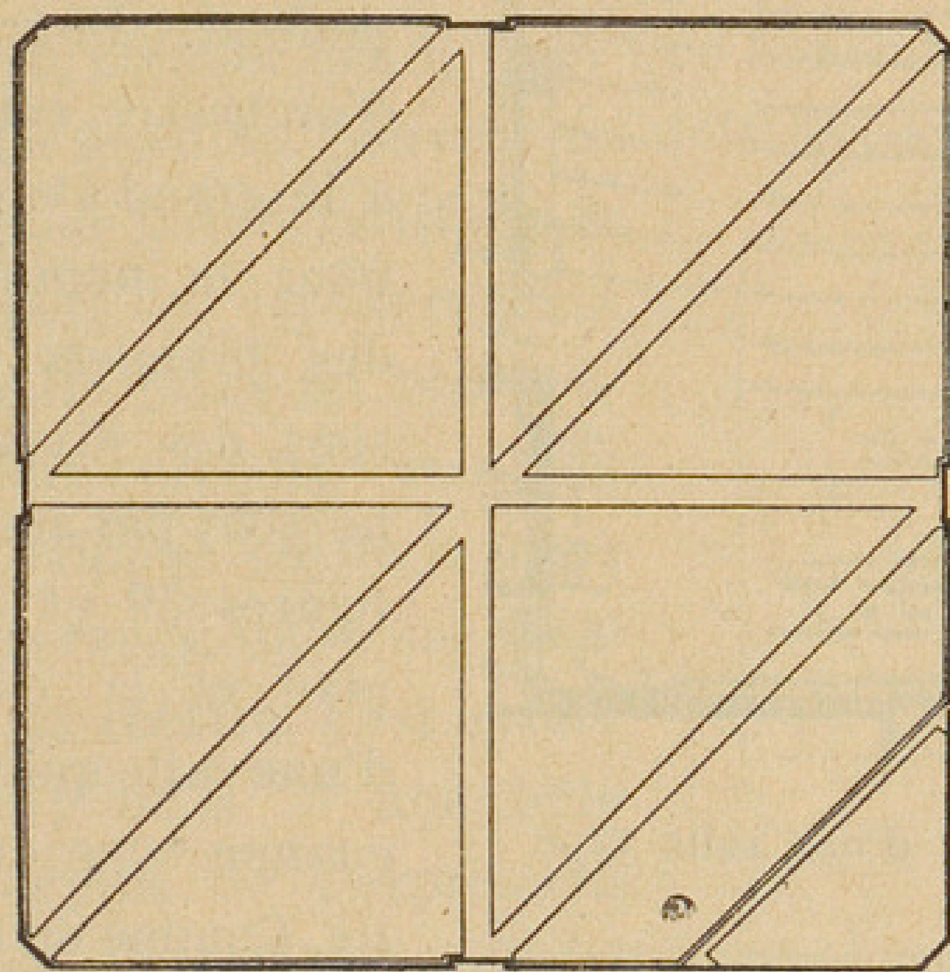


Fig. 38.

réduire la réverbération à une limite minimum quand la salle n'est pas remplie. Le résultat a semblé être comme on l'a vu ci-dessus, que

la réduction du nombre des auditeurs n'a pas sur l'acoustique une influence aussi grande qu'on pourrait le croire en se basant sur le calcul.

2. Salles n'ayant qu'une dimension supérieure à 15 m. — Dans ces salles, on place ordinairement la chaire ou la scène à un bout, de préférence au milieu d'un des petits côtés, pour que l'orateur ou l'artiste se fasse entendre plus facilement. Il y a rarement à craindre que le son ait une force insuffisante dans le fond de la salle, parce que les salles de cette forme ont rarement plus de 30 m de longueur et que le son direct est suffisamment renforcé par les réflexions sur les murs et le plafond. Pour la musique d'orchestre, cette disposition a le grand avantage de diminuer le nombre des places des premiers rangs où les sons des divers instruments ne sont pas assez fondus. Les figures 39 et 40 donnent le plan et la coupe verticale d'une salle qui peut être prise comme type de cette catégorie. Comme on le remarquera, le plancher du fond de la salle n'est pas assez relevé pour éviter les interférences ; c'est pourquoi on a construit une fausse arcade en B. Les autres nervures C ont été établies en vue d'un système spécial d'éclairage essayé dans cette salle, mais elles réagissent

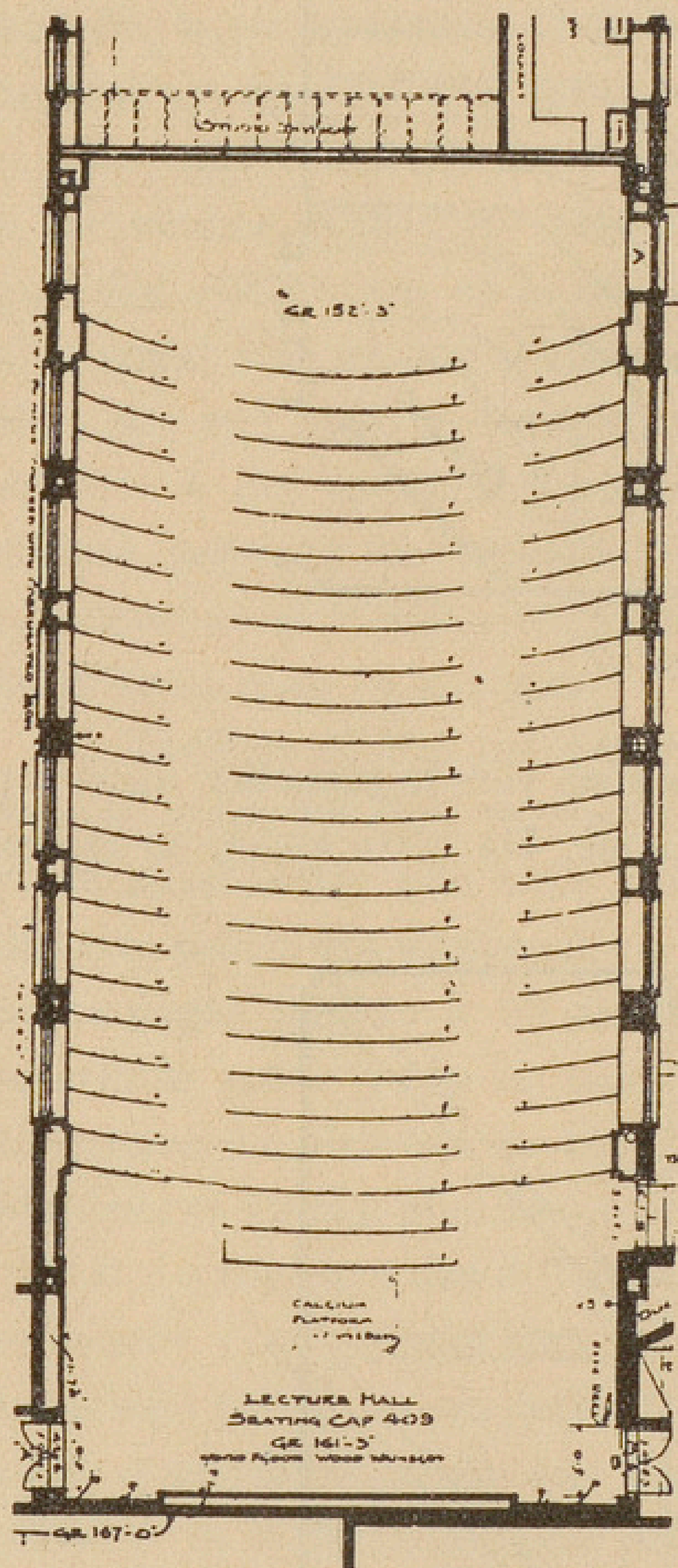


Fig. 39. — Plan d'une salle type.

défavorablement sur l'acoustique en interceptant des sons qui autrement auraient été réfléchis par le plafond vers les places du fond de la salle.

3. Salles ayant deux ou toutes les dimensions supérieures à 15 m. — Des salles de cette grandeur se prêtent le plus souvent

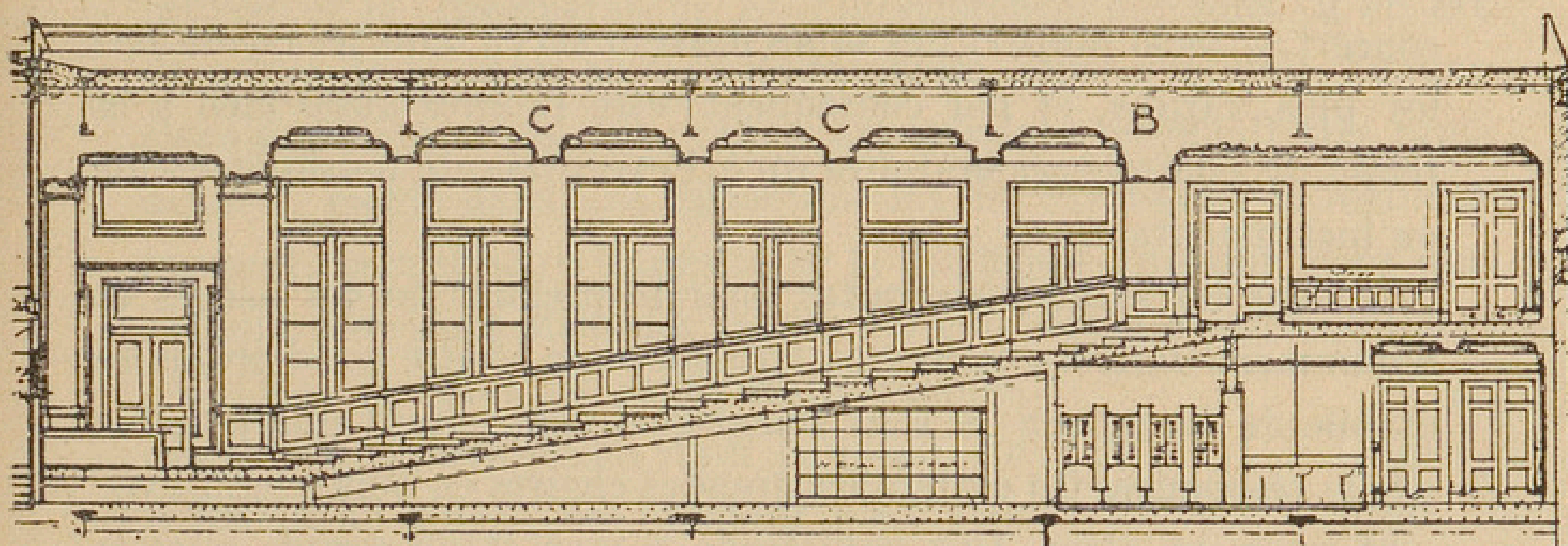


Fig. 40. — Coupe d'une salle type.

à de nombreuses conceptions architecturales et en particulier à une grande variété de formes et d'exigences parmi lesquelles il faut mettre en premier lieu le désir que le nombre de places soit aussi grand que possible. Souvent on doit respecter des prescriptions qui ont pour but de satisfaire la vue plutôt que de répondre aux besoins de l'oreille. Dans un bon projet, le public doit entendre aussi bien à 30 m de la tribune ou de la scène qu'aux premiers rangs; dans une salle de concert ou un théâtre, c'est encore plus nécessaire; mais à une telle distance, les détails de l'expression et du jeu des acteurs sont tout à fait perdus sans le concours de jumelles.

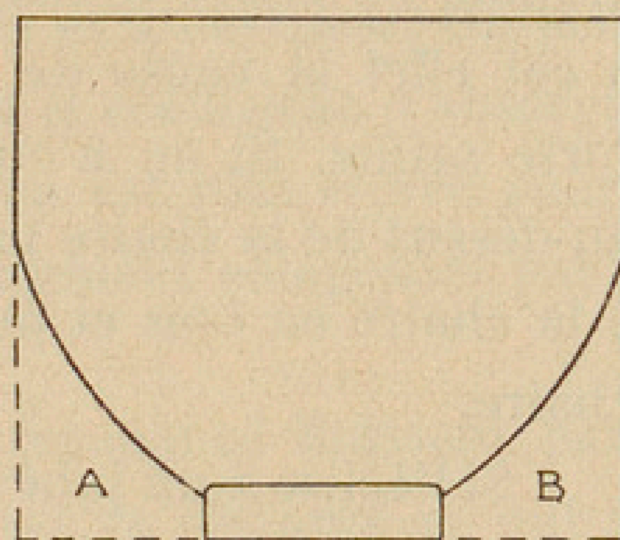


Fig. 41.

Il y a donc intérêt à réduire autant que possible la longueur d'une grande salle, en retenant toujours que la largeur ne doit pas être exagérée, car dans ce cas, une grande partie du public n'est

plus à bonne portée de voix. Une salle en forme de porte-voix pourrait être très large, car les places défavorables dans les angles A et B de la figure 41 sont alors supprimées. Une salle rectangulaire sera donc relativement petite, si on veut que l'orateur ne soit obligé de se tourner tantôt vers la droite et tantôt vers la gauche pour se faire entendre des auditeurs assis à ses côtés. Cet inconvénient se fait naturellement moins sentir dans une salle de concert, mais la plupart des salles doivent servir dans les conditions les plus variées, et par conséquent être propres aussi bien à la tenue de conférences oratoires qu'à l'exécution de musique vocale ou instrumentale.

Dans les salles construites pour le premier de ces usages et notamment dans les églises, la tribune ou la chaire est d'ordinaire établie de façon que les sons soient renforcés autant que possible par la résonance. On évitera les grandes chaires en bois massif avec soubassement plein. Une balustrade à jour et un simple pupitre répondent le mieux au but poursuivi ; comme tout ceci subit des vibrations qui se communiquent sans obstacle au plancher de la salle, la paroi située derrière l'orateur en sera assez rapprochée et sera lambrissée. La forme d'une niche à faible courbure ou polyédrique sera très favorable. Ces considérations s'appliquent aux chaires des églises ; si la hauteur de la voûte ou du plafond est très grande, on court le danger d'une réflexion trop forte ; on garnit à cet effet la voûte de nervures, de clefs et de pendentifs à très forte saillie. Si on n'obtient pas le résultat cherché, on établira au-dessus de la chaire un grand panneau de réflexion qui sera relié à la chaire en bois et au lambrissage de la paroi postérieure de la chaire.

Si l'église a un jubé de chœur, la chaire sera établie dans l'angle du jubé et du mur de clôture, de façon que la voix du prédicateur se dirige suivant la plus grande longueur de l'église. Au cours des siècles passés, les chaires étaient très souvent construites en pierres sculptées avec amour et art ; mais dans les grandes églises, les chaires en bois sont plus avantageuses. Comme dans les églises le pavement ne peut avoir qu'une pente très faible et comme d'autre part beaucoup d'églises ont des galeries, on serait amené à placer les chaires

très haut au-dessus du pavement, ce qui n'est pas favorable aux auditeurs les plus rapprochés ; en général, l'audition est bien meilleure aux galeries. Dans ces cas, un plancher en bois et de hauts lambris le long des murs sont favorables. Les colonnes qui supportent les galeries ont une forme générale cylindrique ; la forme cannelée sera très avantageuse pour disperser dans toutes les directions les sons réfléchis. De larges colonnes à surfaces unies peuvent provoquer la réverbération et l'interférence des sons. Il en est de même de la paroi en face de la chaire, ainsi que nous l'avons signalé plusieurs fois. Un orateur expérimenté reconnaît très rapidement, même dans une église qui lui est étrangère, le meilleur moment, la meilleure intensité et la meilleure direction pour que sa voix parvienne dans les meilleures conditions à son auditoire.

Dans les grandes salles rectangulaires également, l'installation d'un panneau de réflexion au-dessus de l'orateur peut être recommandée ; ce panneau n'est pas horizontal mais est incliné comme sur la figure 42. Le pupitre est placé sur une estrade surélevée de deux marches seulement et est surmonté d'un panneau incliné de façon que le son soit totalement réfléchi vers la salle. On utilisera un panneau en bois poli, raccordé au lambris postérieur et à l'estrade. On pourra aussi utiliser des plaques de marbre dont le coefficient d'absorption est très faible. La perte par absorption est plus élevée pour un panneau en bois, mais cette perte est largement compensée par une meilleure résonance.

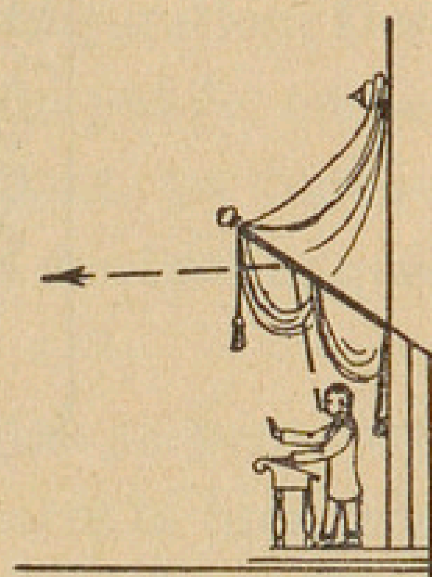


Fig. 42.

Tous les effets de vibration et de résonance finissent par se réunir pour former un bruit variable avec la distance et qui surpasse de beaucoup l'intensité du son direct ; un phénomène analogue se produit pour les gouttes de pluie dont chacune n'a pas d'effet, mais dont l'ensemble produit un son intense.

Comme conclusion on peut, avec ces données, affirmer qu'une salle bien projetée et bien construite, même si elle contient plus de quatre mille places, convient ou non à la voix humaine ; une preuve

frappante en est donnée par le théâtre de la Passion d'Oberammergau : cette salle contient 4000 places dont les plus éloignées sont à 43 m de la scène, soit donc à environ 50 mètres des acteurs. Aux places les plus éloignées, le texte, bien qu'il soit prononcé par des amateurs, est parfaitement compris. Cela s'explique aisément : la scène a une grande largeur et une profondeur de 8 à 11 m seulement ; le vaste espace qui s'étend devant la scène s'élève en amphithéâtre avec une pente de 1/5 et constitue une vaste tribune entièrement en bois, qui n'est recouverte par un plafond éga-

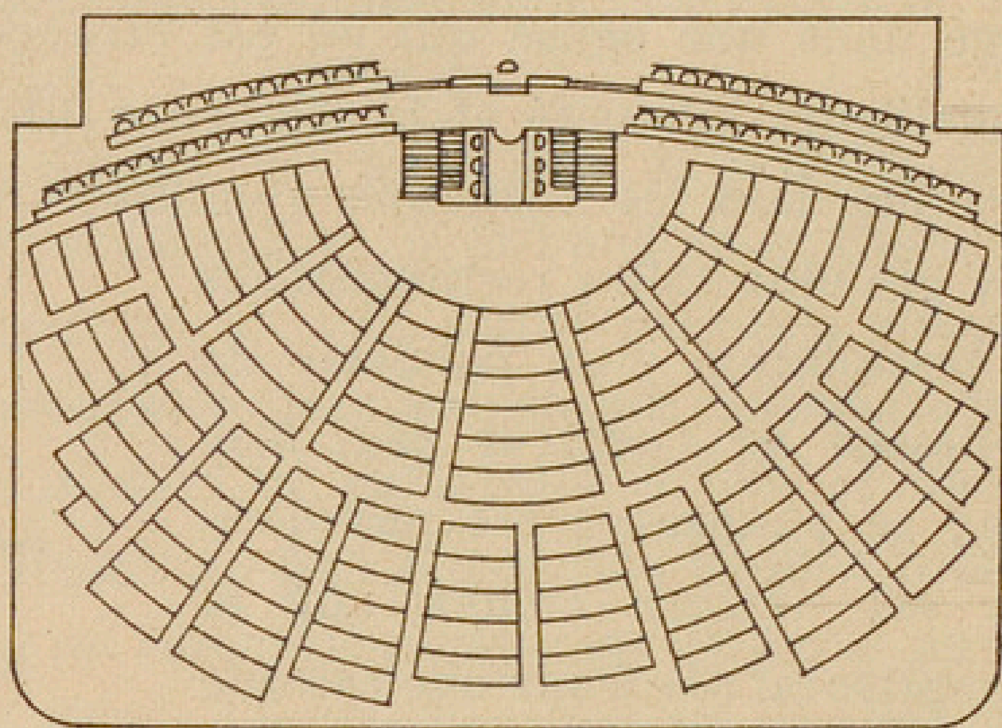


Fig. 43.

lement en bois que sur moins de la moitié de sa longueur ; on se trouve ainsi devant la forme en plein air de l'ancienne Grèce.

Nous avons déjà montré que cette forme se prête moins bien aux salles de faibles dimensions. La preuve en est fournie par exemple par la salle des séances du Reichstag de Berlin (fig. 43). Une salle parlementaire est toujours pour l'architecte un travail difficile. Il doit y avoir une très grande facilité d'échanges entre les députés, la présidence et les représentants du Gouvernement ; on doit avoir accès à la tribune par le plus court chemin, et inversement ; par dessus tout, il faut qu'à toutes les places, on puisse aisément comprendre ce que le président met à l'ordre du jour, ce que les orateurs disent et ce que les ministres répondent.

Après de nombreux essais, on a adopté pour cette salle le projet suivant : au milieu d'un des grands côtés, on a placé sur une estrade surélevée le siège du président ayant à sa droite le chance-

lier d'empire et plus loin, à sa droite et à sa gauche, les délégués et les ministres des pays de l'Empire. Devant le président, se trouve la tribune pour les orateurs et ensuite, dans le fond, les tables des sténographes. En face, un amphithéâtre semi-circulaire découpé par des couloirs rayonnants contient les sièges des membres du Reichstag. Cette disposition permet au président de voir la totalité de la salle ; il peut s'adresser à l'assemblée sans avoir à quitter sa place ; il en est de même pour les membres du Gouvernement. Ces derniers sont bien divisés en deux groupes, mais ces groupes sont assez rapprochés pour pouvoir s'entretenir directement.

Ce schéma ayant paru bon à appliquer, a été adopté dans les plans du nouveau Reichstag et a été suivi par le constructeur. Mais des formes données aux parois et au plafond, il est résulté qu'on se plaignit de l'acoustique aussitôt après l'inauguration. Des dernières rangées de sièges, ainsi que des tribunes du public, on ne pouvait pas toujours comprendre l'orateur ; cependant, les dimensions de la salle (29 × 22 m) ne sont pas en dehors des limites que la voix humaine peut franchir.

Les vérifications ont montré qu'en premier lieu la pente de l'amphithéâtre n'est pas suffisante. La différence entre la première et la dernière rangées de sièges atteint à peine 1 m. Si on avait adopté la pente habituelle de 1 /5 qui n'a rien d'excessif, cette différence aurait été de 2,50 à 3 m et l'orateur aurait été beaucoup mieux entendu.

En second lieu, la surface unie des vitres du grand lanterneau réfléchit très bien les sons, mais par suite de la hauteur de la salle, les sons réfléchis ne se confondent pas avec les sons directs et parviennent aux auditeurs après un intervalle plus long qu'une syllabe, ce qui provoque la confusion. Ce défaut aurait été évité en donnant au plafond la forme d'une voûte unie. En troisième lieu, l'acoustique aurait été sensiblement améliorée en substituant aux inélégantes lampes à arc fixées directement au plafond un lustre circulaire central à incandescence situé beaucoup plus bas et quatre lustres semblables aux quatre angles ; beaucoup de sons auraient été réfléchis suivant des parcours plus courts et aurait renforcé l'audition.

Une salle parlementaire qui a sensiblement le même plan mais dans laquelle ces fautes d'acoustiques ont été évitées est celle du Palais-Bourbon à Paris, construite en 1838 par Joly et qui contient 500 sièges de députés (voy. figure 44). Elle a la forme du théâtre antique et présente deux fois 6 rangées de sièges séparées par d'étroits couloirs; ces rangées s'élèvent à une hauteur de 2,60 m ; au delà de la rangée supérieure s'étend une colonnade derrière laquelle se trouvent les tribunes publiques. Au centre du demi-cercle ainsi formé se trouvent le siège du président et la tribune de l'orateur. Cet arrangement est non seulement solennel et beau, mais il est surtout pratique, tandis que la forme hémisphérique

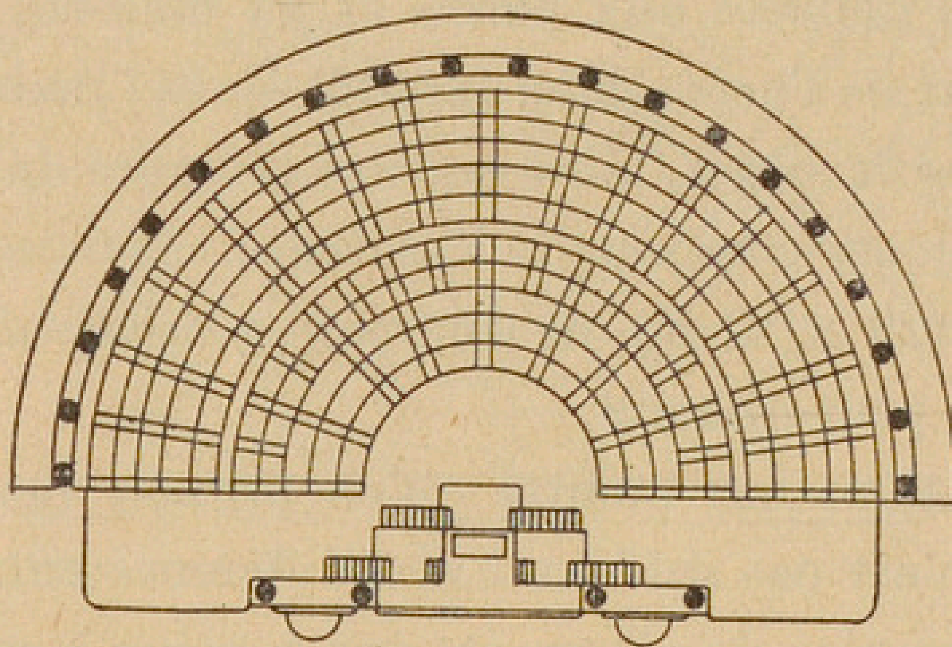


Fig. 44.

creuse, au centre de laquelle se trouve l'orateur, est très favorable à l'acoustique.

Nous examinerons maintenant quelques grandes salles en Amérique. L'Académie de Musique de Brooklyn en possède trois ; une de celles-ci, connue comme salle de musique, sert aussi bien pour des conférences que pour des auditions de musique de chambre. Comme un grand orgue devait être installé dans cette salle, la réverbération a été réduite au minimum en revêtant tous les murs au moyen de broché de soie doublé de flanelle. Même avec cette précaution préalable, le grand orgue ne doit être employé qu'avec discrétion si on veut éviter qu'il écrase tous les autres sons. Pour des conférences, l'acoustique est remarquable. Elle est encore très bonne pour des chœurs avec accompagnement d'orgue ; mais pour

la musique délicate, telle que les quartettes à cordes, le chant avec piano, etc... le volume de son est insuffisant. Un artiste connu exprimait ainsi son opinion : « il est difficile de chanter dans cette salle, elle ne résonne pas avec vous ». La contenance de la salle est de 750 m³ ; la réverbération mesurée est de 1,49 seconde (en pre-

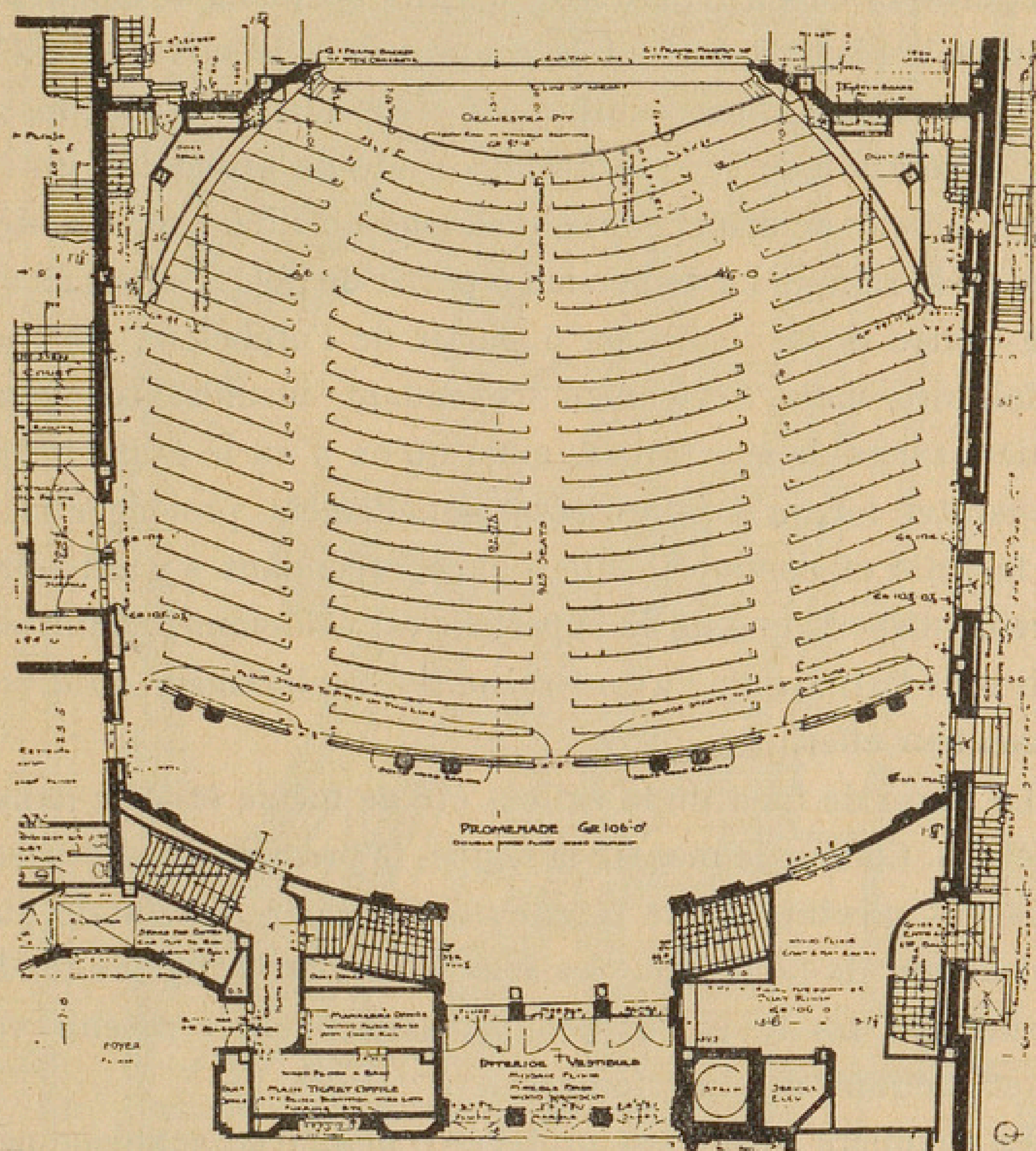
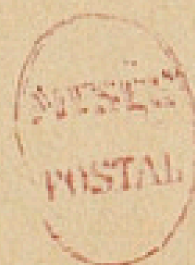


Fig. 45. — Plan de la salle d'Opéra de la *Brooklyn Academy of music.*

nant 3,3 pour coefficient d'absorption du tapis de plancher) ; les surfaces de menuiserie forment ensemble 720 m².

La salle d'opéra du même bâtiment a été construite avec le plus grand soin suivant le principe du porte-voix. Elle sert à tous les usages, aussi bien pour une assemblée d'associations de missionnaires que pour un meeting populaire, pour une comédie de Chaminade ou pour un festival Rachmaninoff.

Cette salle a environ 27 m de large ; sa profondeur mesurée


POSTAL

aux galeries supérieures est de 30 m et sa hauteur à la partie libre atteint 15 m. Le volume intérieur est de 11660 m^3, non compris les cages d'escaliers, etc... ; le nombre des places est de 2.200.

La réverbération calculée est de 1,6 seconde ; la surface visible des menuiseries non compris le plancher et la scène est de 675 m^2. Les figures 45 et 46, reproduites d'après les plans de construction, montrent le plan général et la coupe verticale suivant l'axe de la salle. Toutes les surfaces courbes ont été étudiées avec le plus grand soin ; le résultat de ces précautions a été de provoquer un centre presque unique de dispersion, qui s'étend de 4,5 à 6 m en arrière du milieu de la rampe. La dispersion à partir de points situés en arrière de ce centre et la dispersion à partir de l'orchestre, sont encore satisfaisants mais deviennent cependant insuffisantes pour les premiers rangs de spectateurs ainsi qu'on a eu le grand regret de le constater lorsqu'il fallut occasionnellement prolonger la scène vers la salle et comme il fallait bien cependant s'y attendre. Le centre de dispersion dont la superficie est évidemment limitée a été établi sous l'arceau de l'avant-scène à l'emplacement où il produit son meilleur effet.

La paroi de fond de la salle a été de même étudiée dans tous ses détails. Comme le montre la coupe, le premier son qui passe au-dessus des spectateurs de la galerie supérieure atteint le plafond avant le mur de fond ; tous les sons reçus par le mur de fond sont absorbés par les tapis du plancher sans pouvoir revenir vers la salle et produire des interférences.

La première galerie est protégée d'une façon analogue par une haute voûte en forme de tore, et le parterre par une galerie avec arcades dont les ouvertures sont fermées par des tentures. La pureté de son obtenue par ces procédés est inimaginable. A l'occasion de certaines cérémonies religieuses, on a pu constater que les bénédictions à peine murmurées sur la scène étaient facilement et complètement entendues aux extrémités de la 2ème galerie, donc à une distance de plus de 30 m.

Un autre point, qui a été pris ici en considération par suite du voisinage immédiat des trois salles et qui est souvent négligé dans la construction des grandes salles, est la suppression des bruits

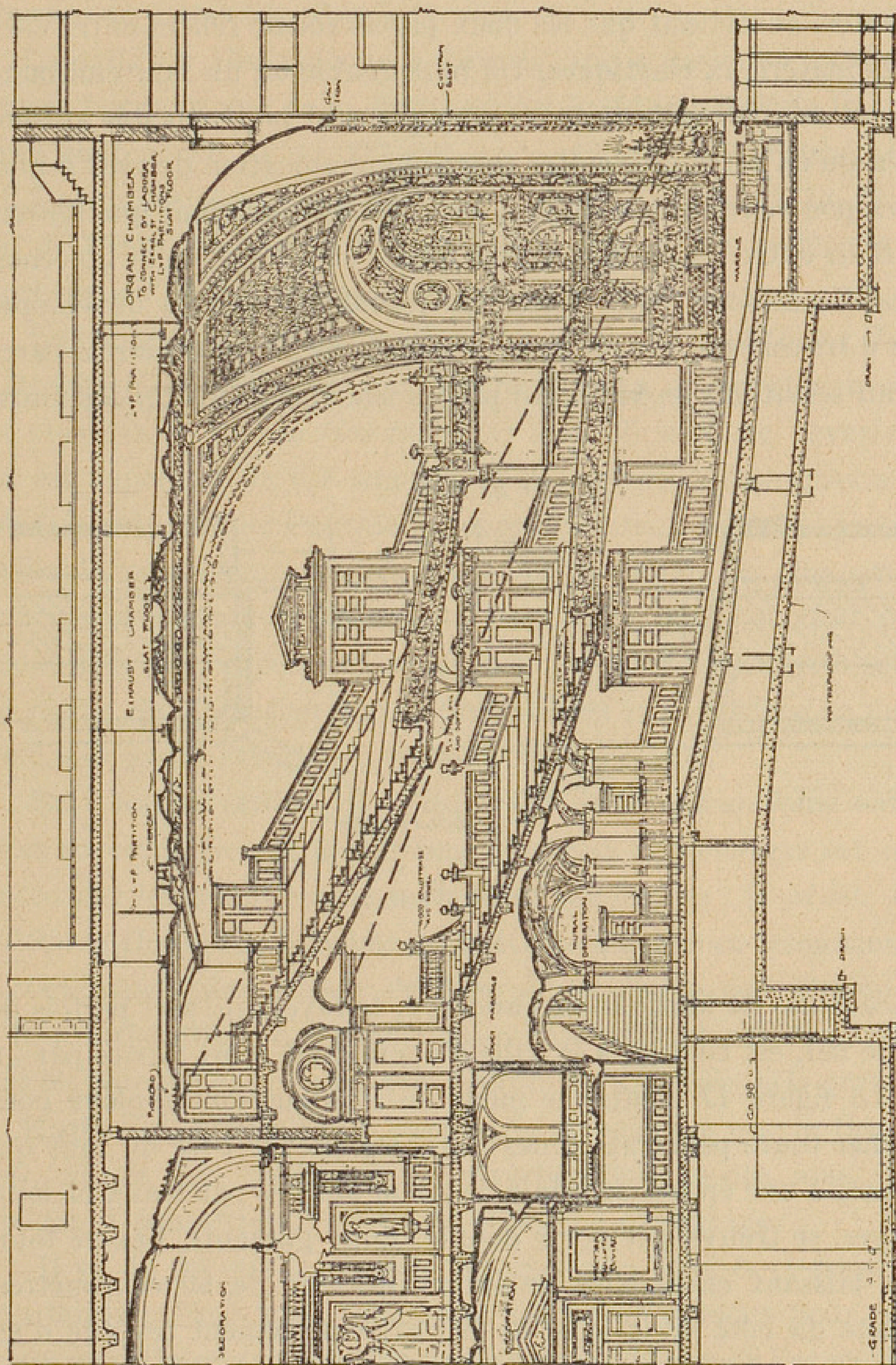


Fig. 46. — Coupe longitudinale de la salle d'Opéra de la *Brooklyn Academy of music.*

extérieurs. Le bon moyen d'empêcher la pénétration des bruits extérieurs est de faire les murs doubles en matériaux de résistances différentes, en évitant que les deux parois soient reliées entre elles par des matériaux élastiques. Un mur double ou un mur cloisonné réservant un intervalle d'air est pratiquement impénétrable au son, pourvu qu'on ait soin d'éviter toute communication de mur à mur par des poutrelles, des ancrages, etc... En outre, il faut que l'intervalle d'air entre les murs soit très mince ou ait au moins 30 centimètres d'épaisseur, pour éviter les résonances qui se développeraient à travers un intervalle par exemple de 20 centimètres, parce que l'air serait mis en vibration par un son atteignant un des murs.

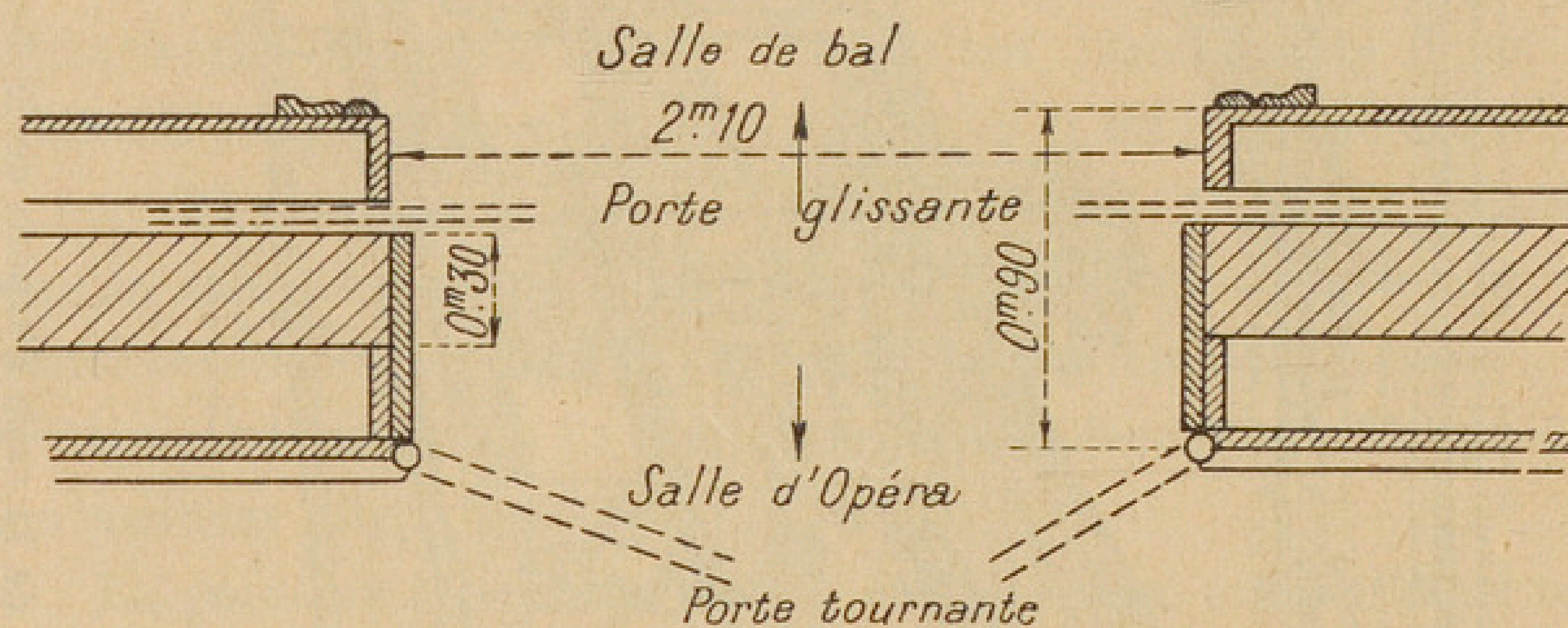


Fig. 47

A l'Académie de Musique de Brooklyn, le foyer, qui sert parfois de salle de bal, est contigu à la salle d'opéra dont il est séparé par un mur. La figure 47 montre le mode de construction employé pour empêcher toute pénétration des sons. De chaque côté du mur qui est porté à une épaisseur totale de 0,9 m par des panneaux en lambrissages, se trouve une porte double, l'une glissante, l'autre tournante, laissant entre elles un intervalle vide de 60 centimètres. La porte du côté de la salle de bal est entièrement revêtue d'un tissu épais qui absorbe vraisemblablement plus du quart des sons qui l'atteignent. On croyait au début qu'il serait nécessaire de remplir l'intervalle entre les portes par des matelas préparés spécialement, mais l'expérience a montré que cette précaution est tout à fait superflue ; on réalise ici la suppression de toute pénétration

des sons par un simple rideau et une porte pleine, entre lesquels se trouve un intervalle d'air.

La salle du *Gewandhaus* à Leipzig, qui a servi de base aux mesures faites en vue de la construction du *Music Hall* de Boston, a une contenance de 11.000 m³, un coefficient de réverbération de 2,3 secondes et une surface de menuiserie de 225 m². Le *Music Hall* de Boston a une contenance de 17.500 m³, un coefficient de réverbération de 2,31 secondes et 600 m² de menuiserie.

En comparant ces deux salles entre elles et avec l'*Opera House* de Brooklyn on remarque que l'*Opera House* a une contenance un peu plus grande que le *Gewandhaus* ; le coefficient de réverbération est supérieur de 0,7 seconde et la surface de menuiserie est trois fois plus grande. Puisque le volume des deux salles est presque semblable la différence de réverbération est due à la plus grande quantité de matériaux résonnants. Par contre, le *Music Hall*, dont la contenance est supérieure de 50 % à celles des deux autres salles, a la même réverbération que le *Gewandhaus* et sa surface de matériaux résonnants est égale à celle de l'*Opera House*.

En d'autres termes, le *Music Hall* et le *Gewandhaus* ont la même réverbération et la différence de leurs contenances est compensée par les quantités de matériaux résonnants ; le *Music Hall* et l'*Opera House* ont la même quantité de matériaux résonnants et la contenance plus grande de l'un y occasionne une diminution de la réverbération. Les conditions se compensent ainsi également dans les trois salles et on peut en déduire qu'une salle de la grandeur du *Music Hall*, mais n'ayant pas plus de menuiseries que le *Gewandhaus*, aurait un coefficient de réverbération encore plus élevé, atteignant peut-être 2,5 secondes ou même davantage.

Il va de soi que le nombre des exemples étudiés ci-dessus est trop faible et que leurs différences sont trop grandes pour qu'on puisse en déduire une solution précise du problème de l'acoustique. Ces exemples montrent qu'il existe quelque relation entre le volume de la salle d'une part, et son coefficient de réverbération et de résonance d'autre part.

La réverbération nécessaire pour des exécutions musicales paraît être de 1 seconde pour un volume de 95 m³, environ 1,35 se-

conde pour 800 m³, 1,6 seconde pour 1350 m³, 2,3 secondes pour 11.000 m³ et environ 2,5 secondes et même plus pour 17.500 m³. Pour la parole, une réverbération un peu moindre dans chaque cas donnerait de meilleurs résultats.

Même dans une salle de concert qui aurait une grande surface de menuiserie, la réverbération peut être ramenée à un minimum de 1,6 seconde pour une contenance de 12.000 m³ et moins, ou de 2,3 secondes ou même moins pour une contenance de 17.500 m³.

Nous pouvons admettre que pour des salles de dimensions moyennes, une réverbération de 1,6 seconde environ est le minimum qui puisse être obtenu sans nécessiter le revêtement des murs par des matériaux absorbants. En général, un minimum de réverbération, combiné avec un maximum de résonance par les revêtements, donnera les meilleurs résultats pour la musique aussi bien que pour la parole.

De tout ce qui précède, il résulte que dans les cas où on veut accroître la résonance, l'emploi de revêtements en bois est à recommander. Tout ce qui contribue à accroître l'élasticité concourt à renforcer la résonance. Les agrafes qui maintiennent les panneaux de lambrissage seront aussi espacées que possible ; les panneaux seront longs et étroits, et toutes leurs parties aussi minces que possible.

Au Nouveau théâtre Amsterdam de New York, construit par Hugh Tallant, un effort considérable a été fait pour réaliser un lambrissage qui réagisse pour des sons de hauteurs différentes, un peu dans le sens du principe des vases résonnants de l'Antiquité. A cet effet la ligne supérieure des lambris n'est pas parallèle au plancher, mais est établie en redans donnant des panneaux de longueurs correspondantes. La théorie était que si le panneau le plus long a un peu moins de deux fois la longueur du panneau le plus court, les panneaux de longueurs différentes formant un lambris doivent réagir successivement pour les différents tons de la gamme. Pour assurer cet effet, il a été jugé nécessaire de ne fixer les panneaux qu'à la partie supérieure et à la partie inférieure. On ne pouvait avoir confiance dans les menuisiers, car l'emplacement d'un agrafage est pour eux sans importance ; il en est résulté des dissensions inces-

santes entre les surveillants et les ouvriers. Le lambrissage n'a pu être terminé qu'après que l'architecte se fut attiré la haine de tous les ouvriers congédiés à cause de ce détail ; mais le rendement obtenu est parfait. Il est à peine possible de constater que la réso-

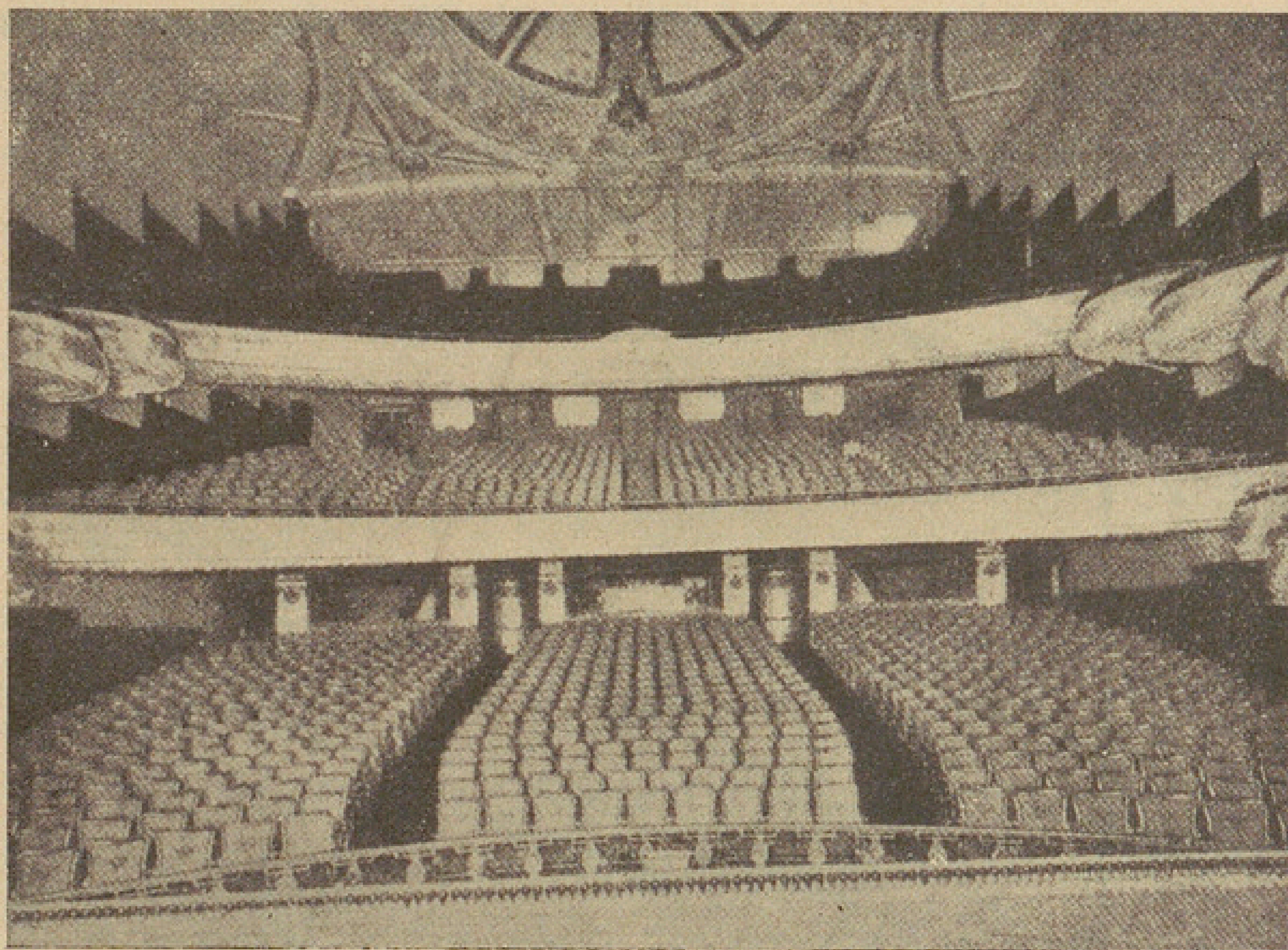


Fig. 48. — Vue d'ensemble de la salle du *New Amsterdam Theatre* de New York.

nance est plus uniforme qu'elle ne l'eût été en employant un autre mode de lambrissage ; la figure 48 donne une vue d'ensemble de la salle.

Des essais du même genre, exécutés sur le plancher de l'orchestre, ont donné des résultats plus probants. Ordinairement, ce plancher a la forme d'un segment, ce qui permet d'utiliser des planches de longueurs différentes, en se bornant à les placer dans le sens indiqué sur la figure 49. Le résultat reste assez incertain à cause du contact direct des pieds des sièges et des pupitres. Mais

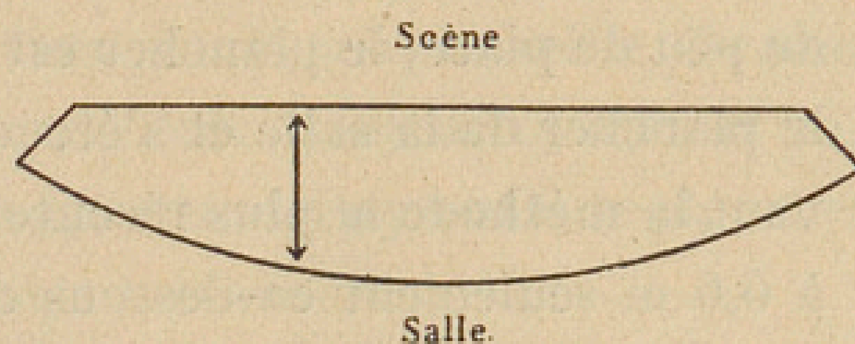


Fig. 49.

il ressort clairement que la résonance est la plus grande quand on ménage sous le plancher un vide de 15 à 20 cm. Un plancher simple donne de meilleurs résultats qu'un plancher double ; pour éviter ses vibrations propres, il doit être fixé à ses extrémités sur des poutrelles de 7,5 × 15 cm, établies de façon que le plancher ne repose pas sur le revêtement inférieur ignifugé. La figure 50 donne une coupe de ce mode de construction. Dans la plupart des salles de concert, on paraît avoir négligé le mode de construction et de

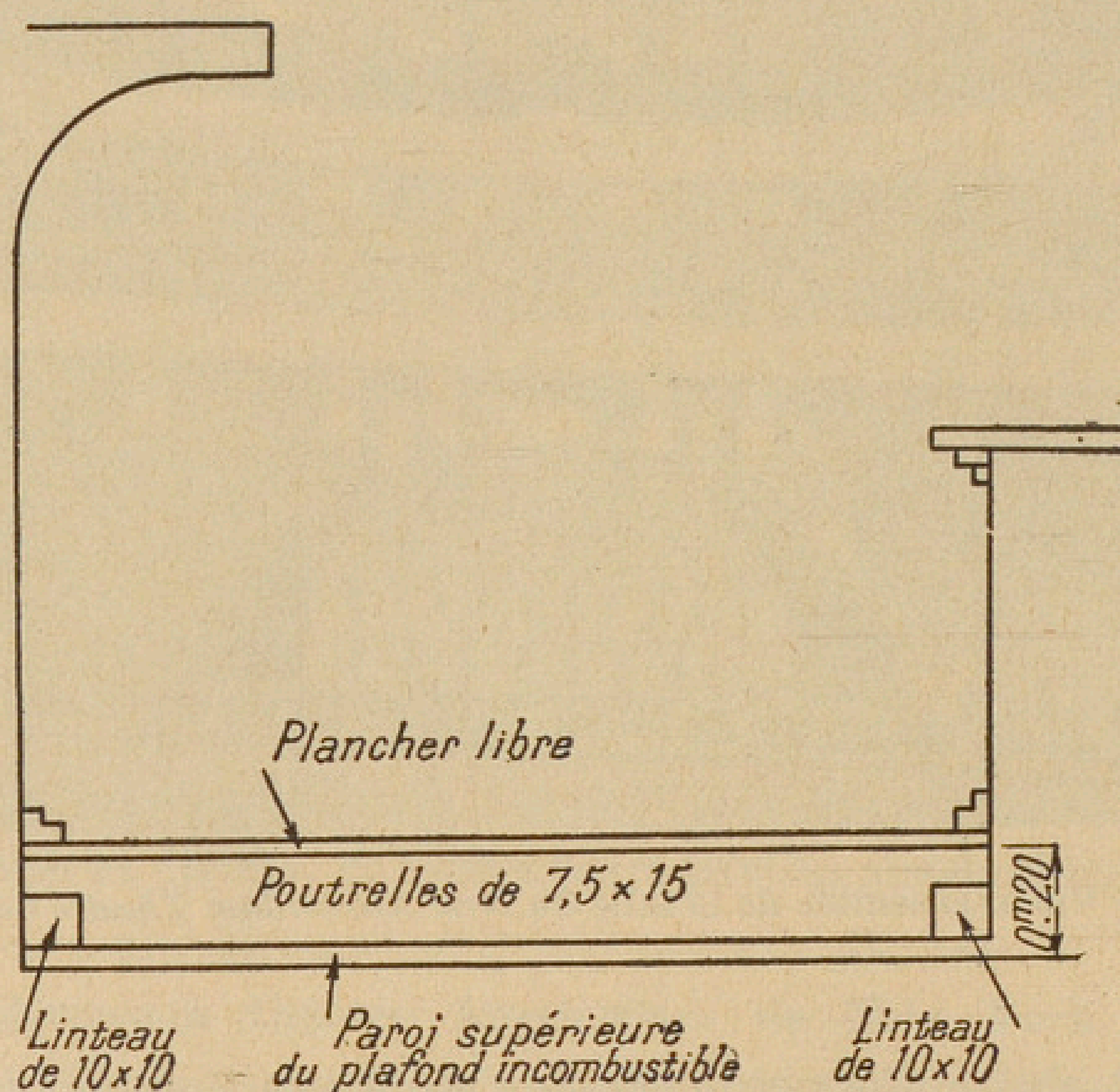


Fig. 50.

placement du plancher, soit pour des raisons quelconques, soit parce que des circonstances locales l'exigeaient. Quand on dispose de peu de place, le plancher est situé de 1,2 à 1,5 m plus bas que le plancher de la salle et s'étend en partie sous la scène ; mais suivant la méthode la plus récente, on place le plancher de l'orchestre à 0,6 m seulement en-dessous du plancher de la salle ou à 1,5 m en-dessous du plancher de la scène. Les têtes des musiciens sont ainsi juste en dessous de la ligne de vue des spectateurs. D'ailleurs, cette disposition ne semble procurer aucun avantage particulier. Pour un orchestre complet, elle laisse subsister pour les premiers

rangs de spectateurs la forte accentuation de certains instruments au détriment des autres.

On obtiendrait de bien meilleurs résultats en cachant complètement l'orchestre, soit en plaçant le plancher assez bas pour que les têtes des musiciens restent en-dessous du plancher de la salle, soit en construisant en matériaux pleins la cloison qui sépare le public de l'orchestre, comme le montre la figure 51, pour protéger les premiers rangs contre les sons directs provenant de l'orchestre. Les sons réfléchis qui dans ces conditions atteignent les premiers

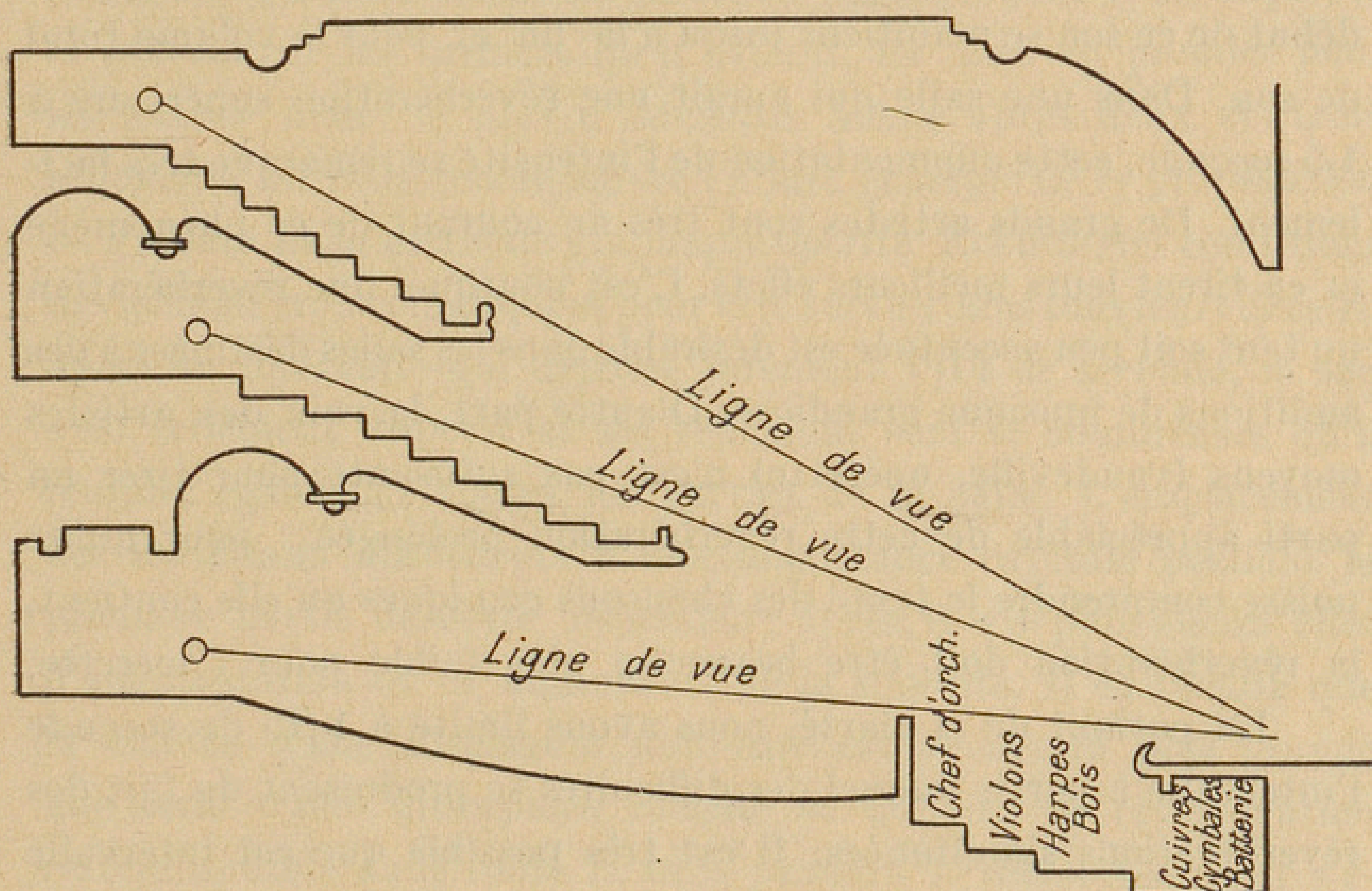


Fig. 51.

rangs ont ainsi à parcourir un chemin assez long pour que les sons des divers instruments se fondent parfaitement. En outre, les instruments en cuivre et les batteries étant placés sous la scène, ils sont assez entourés et enveloppés pour que leurs sons ne se mêlent pas défavorablement avec les voix des acteurs. A Bayreuth, le plancher de l'orchestre est établi suivant cette méthode.

Dans les cas où la méthode recommandée ci-dessus a été appliquée, et on peut citer l'Académie de Brooklyn et le New Amsterdam Theatre de New-York, les résultats obtenus sont de nature à permettre de conclure en sa faveur. Ils montrent pour le moins la

possibilité, en s'astreignant aux moyens décrits dans les divers chapitres, d'établir le projet d'une grande salle, de façon à satisfaire à toutes les exigences de l'acoustique.

En tenant compte de toutes ces considérations, nous exposerons encore, avant de clôturer ce travail, quelques points spéciaux, pour montrer la méthode qui conduirait probablement à une meilleure solution de la question.

En partant de la force du son, nous n'avons tenu aucun compte de l'influence de la réverbération. Il est certain que, pour un ton clair et longuement soutenu, la réverbération produite dès le début de ce son se maintient jusqu'à la fin et pour le volume total de son. Dans une salle qui aurait une réverbération supérieure à 1,5 seconde, cette augmentation de l'intensité se remarque très facilement. De grands artistes sont très au courant de ce phénomène et en tirent leurs meilleurs effets. C'est pourquoi une réverbération un tant soit peu accentuée est désirable dans les salles destinées à des auditions de musique grandiose. D'autre part, la voix des artistes moyens (vaudeville, opérette) n'est pas suffisante pour tirer un parti appréciable de cette réverbération prolongée : pour qu'on puisse comprendre le texte des chansons comiques qu'elle contient, la réverbération doit être beaucoup plus faible pour l'opérette.

En parlant de la clarté, nous avons limité à 1 /15 de seconde l'intervalle à partir duquel des difficultés se produisent du fait des réverbérations simultanées. Il est très possible que cet intervalle soit trop court, car la cause de l'incompréhension peut résider aussi bien dans le chevauchement d'une syllabe sur la suivante que dans la répétition du son. En langage courant, un homme peut prononcer environ 200 syllabes par minute. En tenant compte des pauses entre les phrases et leurs parties, et en acceptant que les consonnes prennent environ la moitié du temps restant, on peut facilement admettre que les voyelles doivent durer chacune environ 1 /10 de seconde, les plus courtes n'exigeant probablement pas plus de 1 /12 de seconde.

Il est très possible que des réverbérations simultanées se produisent pendant cet intervalle de 1 /12 de seconde, aussi bien que pendant l'intervalle de 1 /15 de seconde. S'il en est ainsi, les données

adoptées dans les chapitres qui précèdent doivent être considérées comme trop sévères, ce qui n'enlève rien à la valeur de la théorie, mais constitue plutôt un facteur de sécurité.

Au sujet de la réverbération, il a été question de l'influence de la forme de la salle. Il est probable que des recherches ultérieures montreront que le coefficient 1,926 de la formule

$$(A + X)\,T = 1{,}926\ V$$

doit être modifié pour correspondre au type de la salle. Au premier moment qu'un son est émis, il est concentré autour de son point d'origine. On peut aisément suivre la manière dont il se disperse, et déterminer les surfaces qu'il atteint, les unes en premier lieu, les autres avec le plus d'intensité. Même après deux et trois réflexions, on peut encore suivre l'allure générale de la propagation en s'aidant de la méthode graphique décrite. Ensuite, les conditions deviennent trop compliquées pour être suivies dans tous leurs détails; après un intervalle qui dépasse rarement 1/14 de seconde, le son s'est tellement dispersé et ses réflexions sont si nombreuses qu'il remplit également toutes les parties de la salle. L'emplacement des matériaux absorbants a une importance capitale pendant la première partie de cette dispersion ; après, il n'a plus aucun effet d'augmentation ou de diminution de la sonorité. Il en résulte que la chance d'une dispersion uniforme est beaucoup plus grande que celle d'une absorption inégale et qu'ainsi la réverbération restera audible dans toute la salle pendant le même temps et s'éteindra après 1/4 de seconde dans la même mesure en tous les points, indépendamment de l'emplacement des matériaux absorbants. Dans les conditions ordinaires et particulièrement dans les salles à fond rectangulaire, le son sera absorbé sensiblement de la même façon au début de la dispersion et pendant la période suivante d'audibilité. Dans ce cas, la prolongation peut être déterminée avec précision par la formule :

$$(A + X)\,T = 1{,}926\ V.$$

Si tous les sons indistinctement sont dirigés vers une surface absorbante, il y a de bonnes raisons de croire que la réverbération sera sensiblement moindre. C'est précisément ce qui a lieu dans une

salle en forme de porte-voix. Ici, tous les sons sont dirigés en ligne droite vers la paroi de fond, où tout est mis en œuvre pour les absorber. On voit donc en examinant la figure 52, et si grandes que soient les dimensions de la salle, que le parcours le plus long SBCDA d'un son ne doit pas être supérieur de beaucoup plus de 30 m. au parcours SA du son direct, de façon que si les parois sont parfaitement absorbantes, tous les sons s'éteignent en 1 /10 de seconde et ne provoquent aucune réverbération appréciable. Bien entendu, il y aura toujours quelques sons réfléchis par les balustrades des galeries, par le mur de fond et par l'auditoire lui-même, mais leur total est assez faible pour que, dans une salle en forme de porte-voix, la réverbération puisse être sensiblement inférieure à la valeur

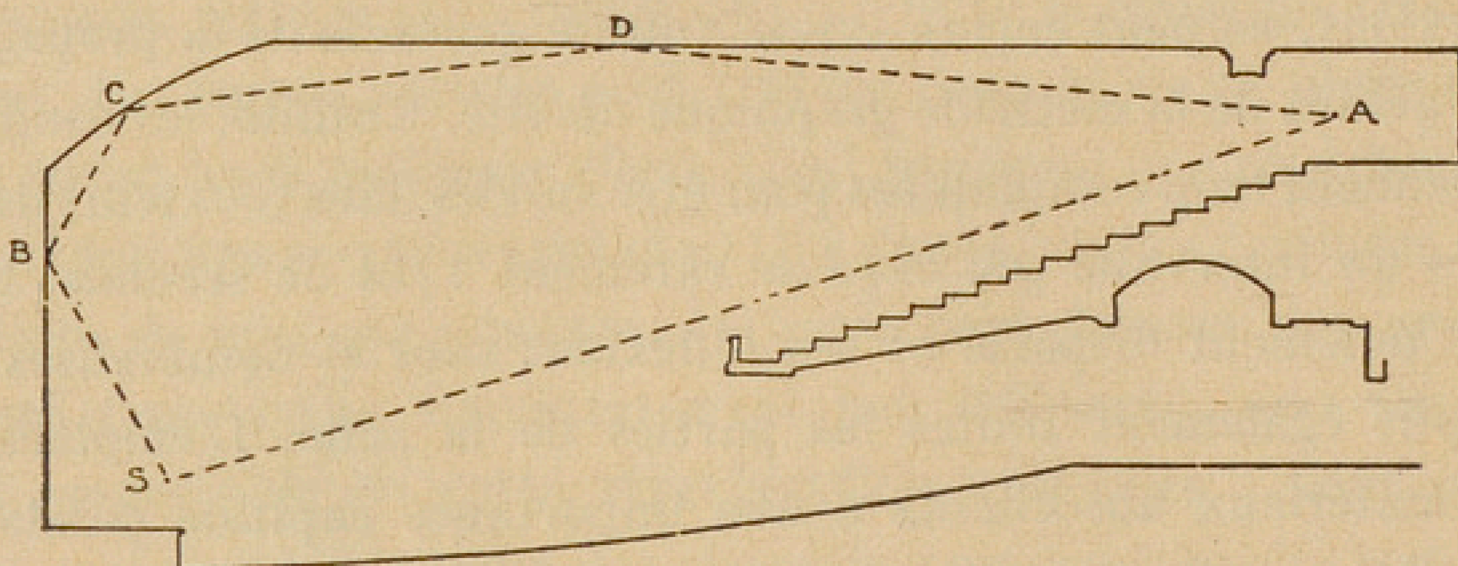


Fig. 52.

tirée de la formule en utilisant le coefficient 1,926. S'il en est ainsi, on peut admettre, à la condition que les sons soient convenablement répartis dans la salle, qu'une réverbération même inférieure à 1,6 seconde est suffisante pour des exécutions musicales dans une salle de 11.000 m³.

Un autre phénomène qui n'a pas encore été complètement éclairci est l'effet de la réverbération aux divers points de la salle. Ainsi qu'on l'a exposé, la durée de la réverbération est la même en tous les points. D'autre part, il y a d'énormes différences dans l'intensité originale des sons émis par l'orateur. On comprend ainsi que le rapport de la réverbération à l'intensité originale n'est pas le même aux divers points de la salle, la réverbération étant plus grande aux points où l'intensité est la plus faible. Néanmoins, il semble que dans les salles où la réverbération est insuffisante, ce

défaut est souvent le plus fort aux points où l'intensité est la plus faible. Cela montrerait que l'oreille, pour compenser le manque de qualité, reçoit pour certaines hauteurs de son, une quantité de son plus grande. Si cette déduction est exacte, cela montre l'importance d'avoir la réverbération qui est nécessaire dans une grande salle pour obtenir l'ampleur de son indispensable particulièrement aux points où, par suite de la distance entre l'exécutant et l'auditeur, l'intensité du son est proportionnellement affaiblie. Cette considération, et d'autres considérations semblables, conduiront sans doute avec le concours du temps, à des conclusions beaucoup plus pratiques.

Nous espérons que les informations contenues dans la présente étude seront de quelque utilité pour éviter à l'avenir au moins les principaux défauts d'acoustique qui affligent actuellement la plupart de nos salles et de nos églises. Le public s'est contenté pendant si longtemps d'une si mauvaise acoustique, qu'un succès, si modéré fût-il, devrait encore être considéré comme un progrès de la science.

LES COMMANDES PHOTO-ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES, [1]

par Maurice WILFART.

Depuis vingt ans, la technique de l'automaticité industrielle a fait de tels progrès qu'elle paraissait fixée pour les problèmes les plus classiques.

Or, nous sommes à l'aube d'une évolution dont on ne peut deviner l'étendue. Les schémas d'automaticité se modifient du fait de l'emploi des valves, soit électroniques, soit ioniques, qui apportent des possibilités nouvelles. L'une d'entre elles, la cellule photo-émettrice, est particulièrement remarquable.

Son emploi pour la commande automatique de différents mécanismes fait l'objet de la présente étude qui, lorsqu'elle fut présentée sous forme de conférence, était complétée par des démonstrations matérialisant quelques applications réalisées.

Première partie.

Généralités. — On parle beaucoup, actuellement, de la cellule photo-électrique.

Si l'on questionnait à son sujet l'homme de la rue, il est probable que l'on recevrait beaucoup de réponses de ce genre :

« La cellule photo-électrique est un appareil nouveau, d'ailleurs fort curieux, utilisé par les savants dans leurs laboratoires ; « elle a reçu une application pratique : le cinéma sonore. On nous « promet, grâce à elle, une nouvelle distraction : la télévision ».

Cette définition est inexacte — l'effet photoélectrique est connu depuis quatre-vingt-quinze ans — et incomplète. L'œil électrique est bien autre chose qu'un appareil de laboratoire ou

---

1. Le présent article est la reproduction d'une conférence faite par M. Maurice Wilfart, ingénieur à la Société Alsthom, à la séance du 27 avril 1934 de la Société des Ingénieurs civils de France et dont le texte a été publié dans les *Mémoires et Comptes rendus des travaux* de cette dernière société (*Bulletin* de mars-avril 1934).

une source de distraction ; il constitue un moyen nouveau de commande automatique et permet, dans la plupart des industries, des perfectionnements inattendus.

Si l'on choisit convenablement trois éléments : un faisceau lumineux, un relais photo-électrique. un mécanisme, l'ensemble exécutera, *de sa propre initiative*, les manœuvres qui exigent habituellement de l'homme l'intervention de l'œil, du cerveau et du bras, avec ceci de particulier que l'œil électrique est plus sensible et plus constant que l'œil humain — et pratiquement infatigable.

Depuis cinq ans, les applications de l'automaticité photo-électrique sont nombreuses ; mais il existe un nombre considérable de cas insoupçonnés où son intervention offrirait le plus grand intérêt. Il serait bon que tout industriel, tout commerçant, connût quelques-unes des possibilités offertes par ce nouvel automate ; c'est le but que nous nous proposons aujourd'hui. Nous exposerons la solution de quelques problèmes, et des maquettes s'efforceront de matérialiser — par des moyens malheureusement un peu rudimentaires — les résultats acquis.

Historique. — Tout d'abord, voici quelques mots d'histoire.

On sait que la cellule photo-électrique, quel que soit son type, modifie l'intensité d'un courant électrique suivant l'éclairement qu'elle reçoit ; le courant ainsi réglé est toujours infiniment faible.

On peut utiliser trois effets photo-électriques absolument distincts ; nous examinerons tout à l'heure les trois types de cellule correspondants.

1° En 1839, Becquerel constate qu'on peut réaliser une véritable pile photo-électrique en plongeant deux électrodes métalliques dans un électrolyte convenable. Cette pile crée une différence de potentiel entre ses bornes quand elle est éclairée, de la même manière qu'une pile thermo-électrique est sensible à une différence de température.

Adams et Day, dans leur rapport de 1876, signalent que le sélénium produit le même effet, sans électrolyte.

Lange d'une part, Schottky de l'autre, découvrent vers 1926

qu'un redresseur de courant statique à l'oxyde de cuivre est en même temps une pile photo-électrique.

Ce phénomène n'a reçu d'application pratique que tout récemment : il est utilisé dans les *cellules à couche semi-conductrice.*

2° En 1873, May, télégraphiste à Valentia, constate que la résistance électrique du sélénium décroît quand on l'éclaire.

Graham Bell signale ce phénomène à la Société Royale de Londres le 17 mai 1878. Il met au point une application — d'ailleurs uniquement spectaculaire — et présente son photophone à l'Académie des Sciences de Paris le 18 octobre 1880.

Cette première communication téléphonique sans fil utilisait comme voie de transmission un faisceau lumineux modulé ; la distance de transmission fut portée de 20 m à 2 km grâce à l'emploi de miroirs paraboliques.

Cet effet de variation de résistance est utilisé dans les *cellules photo-conductrices.*

3° En 1888, Hallwachs constate qu'un tube à vide spécial à deux électrodes laisse passer un courant à peu près proportionnel à l'éclairement. Cette découverte a permis la création des *cellules photo-émettrices*, qui conviennent parfaitement à la plupart des problèmes d'automaticité.

*
* *

Jusqu'en 1910, la cellule photo-électrique est demeurée un appareil de laboratoire ; la découverte de la lampe à trois électrodes, capable d'amplifier le très faible courant de la cellule, a permis l'utilisation courante de celle-ci. On entrevoit alors des possibilités de vente, il se crée une technique de construction. Voici le cinéma sonore : chaque jour, en France seulement, plusieurs milliers de cellules parlent et chantent. La photométrie, les recherches astronomiques utilisent aussi cet appareil. Il est probable que dans très peu d'années on vendra à tout venant un appareil de télévision : dans celui-ci, la cellule estimera fidèlement, chaque seconde, l'éclairement de 30.000 points de l'image.

La cellule photo-électrique moderne apprécie les phénomènes

plus brefs, et sait discerner les couleurs composantes d'une teinte donnée — ce que ne peut faire l'œil humain. Elle perçoit non seulement la lumière visible, mais aussi d'autres formes d'énergie lumineuse que notre œil imparfait ne peut déceler : les radiations ultra-violettes et infra-rouges et, parmi ces dernières, les radiations calorifiques.

Avant de décrire sommairement la construction des cellules, il est bon de dire quelques mots de l'agent qui doit les sensibiliser : les radiations photo-électriques.

Radiations photo-électriques (fig. 1). — La lumière blanche, ou plutôt jugée telle par l'œil humain, est un ensemble de radia-

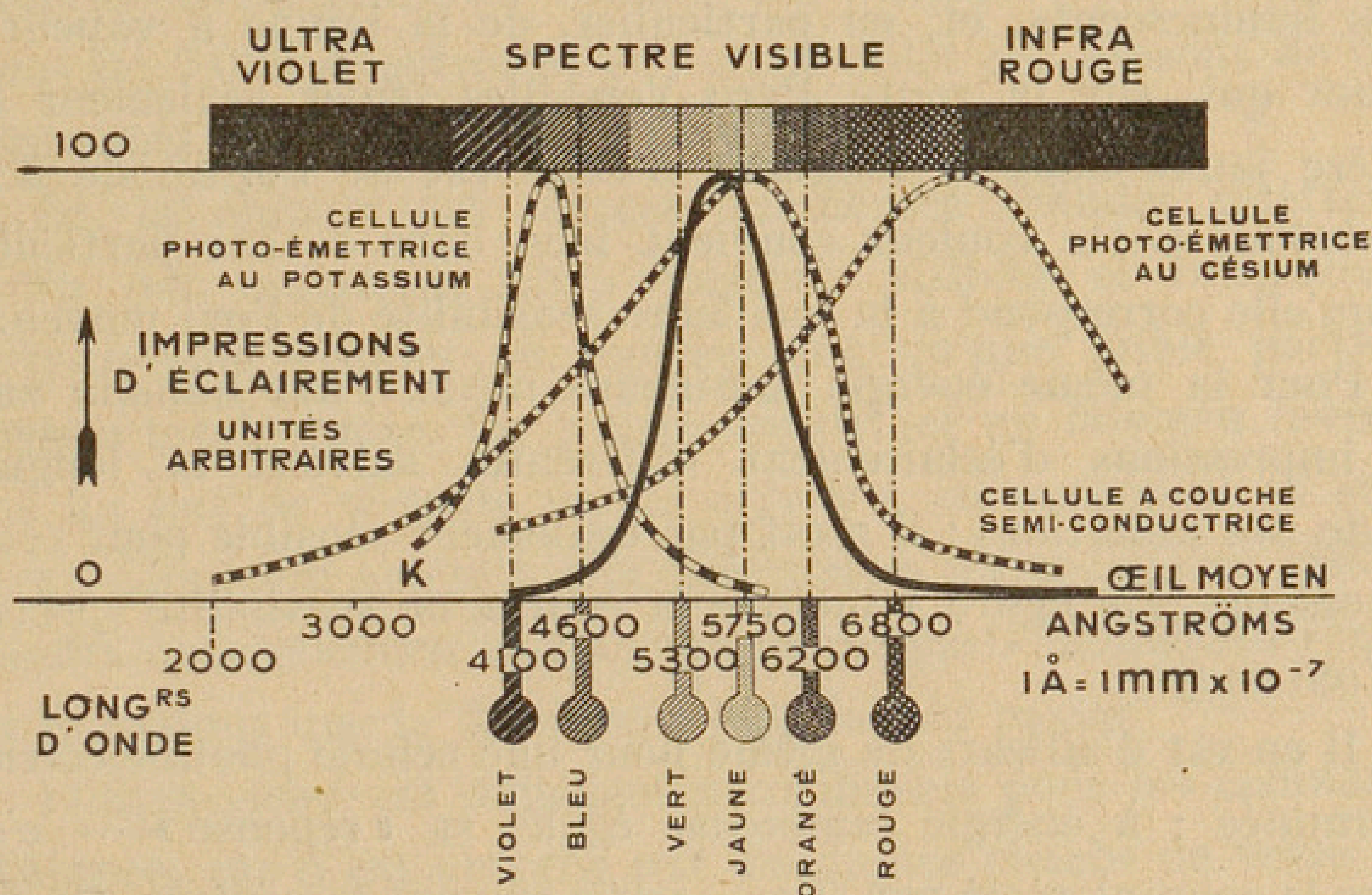


Fig. 1. — Caractéristiques de sensibilité spectrale.

tions de fréquences différentes, dont les longueurs d'onde extrêmes correspondent à 4.000 et 7.000 Angströms environ, soit respectivement 4 et 7 dix-millièmes de millimètre. Si l'on partage cet ensemble, d'après la longueur d'onde, en six catégories, on constate que chacune de celles-ci donne à l'œil l'impression d'une couleur déterminée. Le prisme matérialise cette décomposition et isole les six couleurs du spectre solaire :

Violet, bleu, vert, jaune, orangé, rouge.

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche tombe sur une surface,

celle-ci en réfléchit tout ou partie. Sauf le cas de la couleur blanche, la couche colorée absorbe une partie des radiations, qui disparaît, et le reste, réfléchi dans la direction de l'œil, donne l'impression de la couleur de l'objet ; c'est dire que toute peinture, à l'exception de la peinture blanche, est un filtre pour les radiations visibles.

On peut obtenir le même résultat en posant devant une source lumineuse blanche un transparent coloré. Si ce filtre est convenablement choisi on obtiendra un faisceau monochromatique composé de radiations dont les longueurs d'onde extrêmes découpent une bande étroite dans le spectre visible.

Certaines sources sont d'elles-mêmes monochromatiques, sans qu'il soit nécessaire d'interposer un écran ; c'est le cas de certains tubes luminescents, et, en particulier, de la lampe à vapeur de sodium qui, sur la route Paris-Versailles, émet seulement une lumière jaune dont la longueur d'onde est de l'ordre de 5.900 Angströms. Cette couleur convient bien dans ce cas particulier, puisqu'elle correspond à la meilleure sensibilité de l'œil moyen.

Pour la même énergie lumineuse reçue, l'œil humain subit des impressions d'éclairement différentes suivant la longueur d'onde des radiations ; il n'est pas également sensible pour toutes les couleurs. La figure 1 montre la courbe de sensibilité spectrale de l'œil moyen.

Il en est d'ailleurs de même pour une cellule photo-électrique déterminée : à énergie lumineuse égale, sa « réponse » — c'est-à-dire le courant réglé par elle — varie suivant la couleur. On peut tracer, pour chaque type de cellule, et suivant l'élément actif utilisé dans sa construction, une courbe de sensibilité spectrale, dont les points les plus caractéristiques sont : le seuil photo-électrique (du côté des grandes longueurs d'onde) et le maximum de sensibilité. La figure 1 superpose plusieurs de ces caractéristiques, et permet de voir que l'automaticité photo-électrique peut choisir, dans la gamme des cellules, l'œil électrique qui convient à une couleur déterminée.

Les lumières monochromatiques sont employées industriellement pour l'analyse des teintes composées. Un dispositif photo-électrique convenable examine un échantillon à plusieurs reprises,

chaque fois sous une lumière monochromatique de couleur particulière. La mesure de l'énergie réglée par la cellule permet de tracer une courbe donnant la réponse de l'œil électrique pour les différentes couleurs. Cette courbe fournit une véritable analyse quantitative de la teinte composée, à condition qu'on tienne compte de la caractéristique de sensibilité spectrale de la cellule utilisée.

Indépendamment de ce problème délicat de mesure précise, ce procédé pourra être utilisé pour le tri automatique ou le comptage d'objets de couleurs diverses. Enfin, l'imperfection de l'œil humain limite les impressions lumineuses au violet d'une part, au rouge de l'autre. La sensibilité de l'œil électrique ne s'arrête pas aux mêmes limites : différentes cellules permettent d'explorer les compartiments voisins, par exemple l'infra-rouge (au-dessus de 7.000 Angströms) et l'ultra-violet (en dessous de 5.000 Angströms).

Or, la plupart des sources lumineuses chaudes émettent à la fois des radiations ultra-violettes, visibles et infra-rouges ; les radiations visibles ne représentent qu'une faible partie de l'énergie totale émise. On pourra constituer un faisceau invisible, dans un but de sécurité ou de mystère, en masquant la source par un écran qui arrête à peu près toutes les radiations visibles ; il faudra naturellement choisir une cellule particulièrement sensible aux radiations que le filtre veut bien laisser passer.

L'ultra-violet est difficilement utilisable pour les commandes à distance, car il est absorbé par une mince couche de verre ordinaire ; il exige donc une enveloppe de cellule, des lentilles, des prismes ou miroirs en quartz ou en verre spécial. Il est plus facile d'utiliser l'infra-rouge émis par une lampe ordinaire. Un verre spécial rouge très foncé arrête 98 % des radiations *visibles*. L'absorption de l'énergie infra-rouge par le verre ordinaire est relativement faible, si bien qu'il est presqu'aussi facile de réaliser une commande à distance en infra-rouge qu'en lumière visible.

Si l'on craint un éclairement parasite de la cellule en lumière blanche, il est prudent de prévoir devant elle un second écran rouge foncé.

Le faisceau visible ou invisible peut être modulé ; il suffit

de faire défiler devant la source les trous d'un disque tournant ; on interrompt ainsi le faisceau à une fréquence musicale, par exemple 200 à 500 p : s. Il est alors nécessaire de modifier l'équipement photo-électrique normal, mais la modulation facilite l'amplification, réduit les possibilités de fraude et donne l'alarme dans le cas d'éclairement parasite.

Nous serons amenés par la suite à citer quelques valeurs d'éclairement : il est donc bon d'indiquer quelques ordres de grandeur usuels.

Une source dont l'intensité lumineuse est *une bougie internationale* provoque un éclairement uniforme de 1 lux sur une surface élémentaire placée perpendiculairement à la direction du faisceau lumineux, à 1 m de la source.

Voici quelques éclairements normaux :

Route à la traversée des villages : 2 lux.

Route Paris-Versailles, à la sortie de Ville-d'Avray : 5 lux.

Avenue de l'Opéra : 15 lux.

Salles de dessin ou de couture : 120 lux.

Vitrines publicitaires : 150 à 1.500 lux.

L'œil humain, dont nous avons dit jusqu'ici beaucoup de mal, est néanmoins un excellent détecteur de lumière visible : il perçoit un éclairement de 1/20 millième de lux (cas d'une lampe de 30 W placée à 1 km).

Faisceau photo-électrique. — Il s'agit d'appliquer à la partie active de la cellule un éclairement qui est généralement de l'ordre de 100 lux.

Pour les trajets courts une lampe de 60 W, placée à 1 m de la cellule, suffit sans aucun système optique.

Pour des distances plus grandes, il faut diminuer la dispersion du faisceau, et par conséquent :

choisir une lampe dont le filament est autant que possible punctiforme ; elle sera alimentée sous basse tension, donc mécaniquement plus robuste. On peut citer, à titre d'exemple, la lampe Mazdaphona qui éclaire la piste sonore des films.

concentrer le faisceau par l'emploi d'une lentille, d'un miroir concave, ou des deux simultanément.

Il existe des projecteurs spéciaux pour l'automaticité ; d'autre part, certains phares de voitures, munis d'une lampe de 100 bougies, sensibilisent sûrement un relais photo-électrique à 100 m en lumière visible (fig. 6).

Pour dévier le faisceau, on emploiera des prismes ou des miroirs ; avec les premiers, l'absorption est forte par suite du grand trajet dans le verre ; le miroir est préférable, surtout s'il est concave, car il corrige alors la dispersion inévitable du faisceau. On peut réaliser 7 à 8 réflexions avec des miroirs concaves peu coûteux.

Les miroirs devront être facilement réglables, et seront bien bloqués après mise au point (un faisceau lumineux est comparable à un levier inflexible, parfois long de 100 m).

S'il est impossible de fixer le miroir avec toute la précision voulue, on peut choisir un miroir cataphote, qui retourne le faisceau dans la direction qu'il a suivie à l'aller, dans une certaine limite d'angle incident naturellement.

Si le trajet est grand, ou si les réflexions sont nombreuses, on augmentera le diamètre du faisceau pour le concentrer à l'arrivée, au moyen d'une lentille, sur la partie active de la cellule ; on peut obtenir un trajet quatre fois plus grand en utilisant une lentille de concentration de 100 mm de diamètre.

Construction des cellules (fig. 2). — Nous savons construire un faisceau photo-électrique convenant à notre cas particulier, *la commande automatique* ; il assure, sur la surface active de la cellule — que nous supposerons égale à 5 cm^2 — un éclairement de l'ordre de 100 lux. Construisons maintenant la cellule.

Nous avons vu que trois effets photo-électriques différents sont utilisés dans trois classes distinctes de cellules ; suivons l'ordre chronologique des découvertes.

1° *Cellule à couche semi-conductrice ou cellule à couche d'arrêt.* — Cet appareil, souvent désigné sous les noms de : cellule photo-voltaïque, cellule autonome, photo-pile, utilise l'effet constaté en

premier lieu par Becquerel pour les cellules électrolytiques.

Dès 1927, on a utilisé le contact unidirectionnel, cuivre sur oxyde de cuivre ; on tend actuellement à utiliser le sélénium, parce que plus sensible, dans les conditions suivantes :

Une plaque d'acier doux porte une couche de sélénium dont l'épaisseur est de quelques dixièmes de millimètre ; celle-ci est recouverte à son tour d'une couche d'or ou de platine, dite contre-électrode, tellement mince qu'elle demeure transparente, suffi-

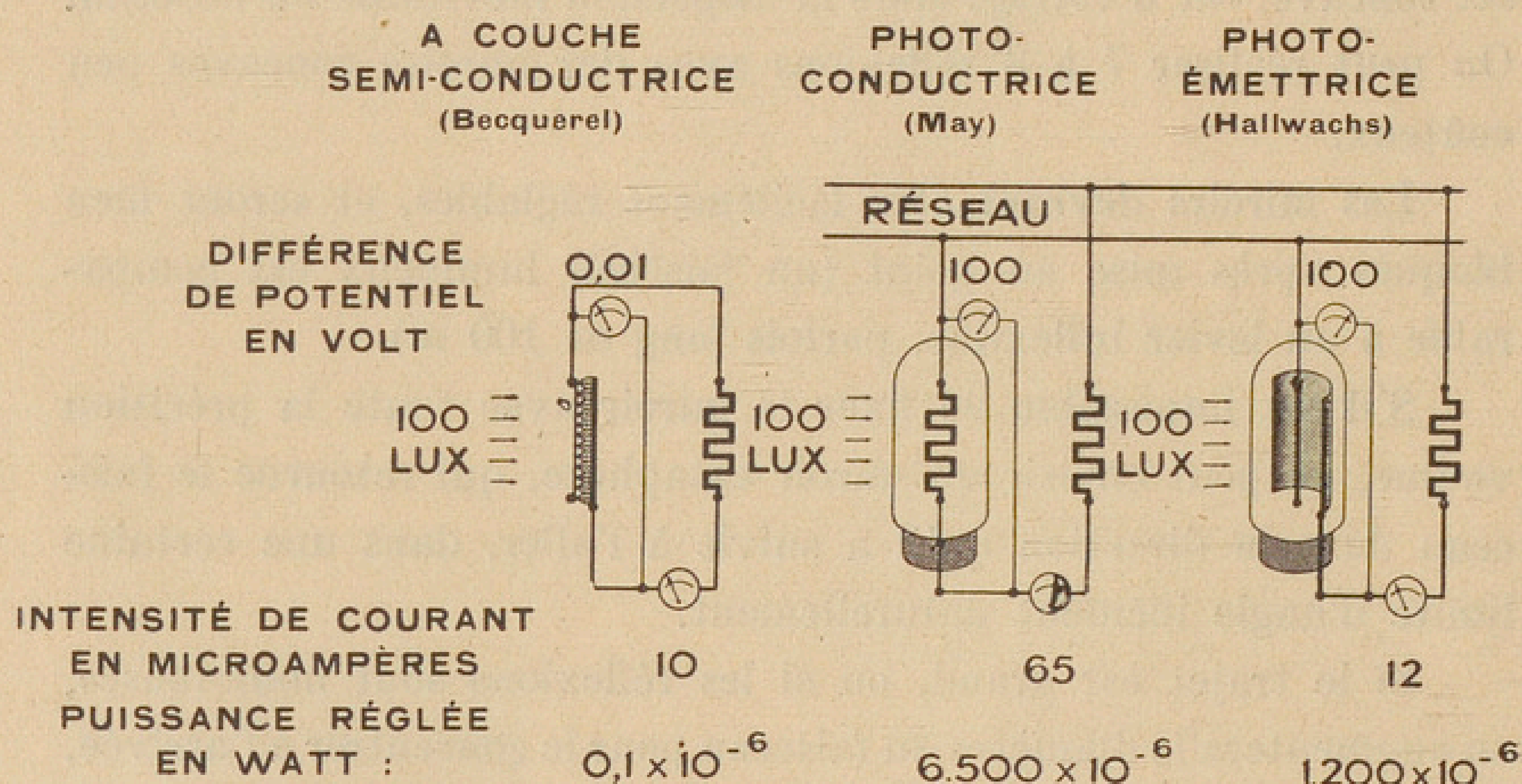


Fig. 2.

samment épaisse pour qu'elle puisse capter le courant photo-électrique.

Si l'éclairement est suffisant, le sélénium émet des électrons qui sont recueillis par la contre-électrode et passent de celle-ci à un anneau d'argent qui l'entoure.

Ici apparaît la caractéristique fondamentale de la cellule semi-conductrice : elle n'exige aucune énergie extérieure autre que la lumière, et ne nécessite donc aucun raccordement à un réseau ; c'est une véritable pile photo-électrique qui transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique.

A première vue, cette solution paraît idéale ; nous pensons qu'elle est difficilement utilisable actuellement pour l'automaticité photo-électrique.

Le courant débité par cette cellule pour un éclairement de 100 lux est généralement de l'ordre de 10 microampères. La différence de potentiel mesurée aux bornes de la cellule varie, d'une part, suivant la résistance en circuit, et, d'autre part, suivant l'éclairement reçu ; elle est généralement comprise entre 10 et 16 millivolts. La cellule type fournira donc une énergie de l'ordre de 1 dix-millionième de watt.

En plus du fait que cette cellule constitue une source autonome d'énergie électrique, on peut noter à son avantage qu'il ne s'agit pas d'une ampoule fermée, que le courant débité est à peu près proportionnel à l'éclairement, et que la sensibilité semble varier peu avec le temps.

2° *Cellule photo-conductrice.* — Cet appareil utilise l'effet constaté par May. On enferme dans une ampoule de verre une résistance au sélénium ou au thallium, et on applique entre ses deux extrémités une différence de potentiel de l'ordre de 100 V pour les cellules à faible résistance (1 à 2 mégohms). Lorsque la cellule est abritée de la lumière, on constate le passage d'un faible courant d'obscurité ; si l'on éclaire la surface active, le courant augmente en même temps que l'éclairement. La résistance décroît quand croît la lumière reçue.

Dans certains cas, le schéma doit prévenir la neutralisation du courant d'obscurité.

La cellule au thallium peut débiter environ 1.250 microampères par lumen ; la cellule type éclairée à 100 lux laissera passer un courant de 65 microampères sous 100 V, soit une énergie de l'ordre de 6,5 millièmes de watt. Sa sensibilité est excellente, particulièrement dans l'infra-rouge, y compris les rayons calorifiques.

3° *Cellule photo-émettrice.* — Cette cellule utilise l'effet constaté par Hallwachs.

La cathode est toujours une mince couche métallique suffisamment rugueuse. L'anode est un filament, un anneau ou une grille, qui ne projettera sur la cathode qu'une ombre faible. On loge le tout dans une ampoule de verre, on fait le vide, et on applique entre les deux électrodes une différence de potentiel, en pratique d'environ 100 V, orientée dans le sens convenable.

Dès qu'elle est éclairée, la cathode émet des photo-électrons, quel que soit le métal utilisé. C'est *l'effet normal,* dont l'intensité n'est appréciable que dans la région de l'ultra-violet. Certains métaux se caractérisent par *l'effet sélectif* qui vient se superposer à l'effet normal ; pour certaines longueurs d'onde, l'émission de photo-électrons devient bien plus importante.

Si l'on examine les caractéristiques de sensibilité spectrale de plusieurs cellules semblables, ne différant entre elles que par le choix du métal qui couvre la cathode, on constate que les emplacements du seuil et du maximum de sensibilité varient suivant le métal utilisé et suivant l'histoire antérieure de ce métal (traitement thermique, mode de revêtement, etc.).

Les métaux alcalins sont particulièrement sensibles au spectre visible, les métaux alcalino-terreux le sont dans l'ultra-violet. Le maximum de sensibilité est placé dans le violet pour le lithium et le sodium, dans le bleu pour le potassium et le rubidium, et dans le jaune pour le césium (fig. 1).

Le vide à l'intérieur de l'ampoule est poussé aussi loin que possible, par exemple jusqu'à 10^{-5} microns de mercure ; les atomes d'air sont alors si rares qu'on peut considérer leur effet comme négligeable.

La sensibilité est bien constante, le courant débité est rigoureusement proportionnel à l'éclairement reçu ; il est aussi proportionnel à la tension appliquée entre anode et cathode, jusqu'à une certaine valeur de celle-ci, par exemple 150 V. Pour cette valeur, la cellule, saturée, émet le flot maximum d'électrons dont sa cathode est capable ; un éclairement supplémentaire n'ajoute aucun courant.

Cette cellule est précise, mais ne débite qu'un faible courant.

Nous allons maintenant construire un autre type de cellule photo-émettrice : la cellule à gaz.

Il nous suffit d'introduire dans la cellule à vide un peu de gaz inerte, par exemple de l'argon ; la pression sera environ 100 microns de mercure, 10 millions de fois plus élevée que pour l'ampoule à vide.

Les photo-électrons émis par la cathode sous l'action de la

lumière entrent en collision avec les atomes du gaz inerte, et les disloquent en arrachant des électrons de leur orbite. Le gaz est ionisé ; les électrons libérés constituent des charges positives et négatives qui cheminent respectivement vers l'anode et vers la cathode, ajoutant leur énergie à celle des photo-électrons. Ce bombardement des atomes du gaz assure une amplification du courant, — une cellule à gaz débite 10 à 50 fois plus qu'une cellule à vide — amplification d'autant plus intéressante qu'elle ne coûte rien.

La sensibilité varie un peu avec le temps. Le courant débité n'est plus exactement proportionnel à l'éclairement reçu. Pour le même éclairement, ce courant croît quand croît la différence de potentiel accélératrice appliquée entre anode et cathode, jusqu'à une certaine valeur de cette tension, généralement comprise entre 120 et 180 V. Si cette valeur limite est atteinte, il ne s'agit plus de la saturation inoffensive d'une cellule à vide : la cellule à gaz s'illumine et débite un courant intense. Cette décharge lumineuse pourrait détruire la cathode ; on limite le courant d'illumination à une valeur acceptable en montant en série avec la cellule une résistance de l'ordre de 100.000 ohms.

L'intensité débitée par lumen reçu est 25 microampères pour une cellule à vide, 250 pour une cellule à gaz.

La cellule type, à gaz, débitera 12 microampères et réglera donc une énergie de 1,2 millième de watt.

Moyens d'amplification. — D'après les valeurs que nous venons de citer, n'importe quelle cellule photo-électrique peut alimenter un appareil de mesure très sensible : un microampèremètre.

Si la cellule doit commander un mécanisme, la première idée sera : monter les contacts voulus sur l'aiguille de ce microampèremètre, ou, ce qui revient au même, construire de toutes pièces un relais microampèremétrique. Nous disposons d'une énergie comprise entre un millième de watt (cas de la cellule à gaz) et moins d'un millionième de watt (cas de la cellule photo-pile). Le couple moteur sera très faible, le fonctionnement sera précaire et le réglage délicat. Il est pratiquement impossible d'éviter par

un moyen simple les manœuvres intempestives au cas de roulis ou de trépidations.

Par contre, la lampe à trois électrodes, dont chacun a maintenant l'expérience, constitue un relais statique précis et insensible aux trépidations. On sait qu'il suffit d'exciter sa grille grâce à une énergie infime — fournie, par exemple, par la cellule — pour régler la valeur d'un courant déjà important entre son filament et sa plaque. Ce courant peut atteindre 40 milliampères, la tension entre filament et plaque est généralement 250 V. On dispose donc, après cette première amplification, d'une énergie de 10 W qui peut alimenter un relais déjà robuste ; il ne s'agit plus, ici, d'une mesure en millièmes ou en millionièmes de watt.

L'emploi des lampes à trois électrodes est déjà classique, aux Etats-Unis, pour d'autres problèmes d'automaticité industrielle, et, par exemple, pour le ralentissement et l'arrêt à l'étage des ascenseurs rapides.

La lampe amplificatrice choisie, particulièrement robuste, sera sous-voltée, ce qui augmentera la durée de son filament ; sauf accident, elle durera en moyenne 10.000 h.

Cette lampe, convenablement choisie, correctement alimentée, montée si nécessaire sur un socle élastique, assure une sécurité de fonctionnement au moins égale à celle procurée par n'importe quel relais électromagnétique, aussi soigné qu'il soit. Utilisée comme relais par tout ou rien, elle assure un fonctionnement franc et net des appareils qu'elle alimente.

Cet unique étage d'amplification peut d'ailleurs régler une énergie beaucoup plus grande. Si l'on garnit l'ampoule de la lampe à trois électrodes de quelques gouttes de mercure et d'un peu de gaz inerte, on obtient un redresseur à vapeur de mercure à cathode chaude et à commande par grille. On construit couramment, sur ce principe, des thyratrons capables de commander une intensité de 12 A sous une tension de 3.000 V, soit une puissance de 36 kW. Une cellule photo-conductrice, ou bien une cellule photo-émettrice, peut exciter directement la grille ; si l'on désire une assez bonne précision de mesure, il est parfois avantageux d'interposer une triode entre la cellule et la grille du thyratron.

On voit que l'amplification par lampe convient particulièrement bien à l'automaticité. Il faut abandonner le préjugé qui déconseillait l'emploi industriel des ampoules de verre : le redresseur classique à vapeur de mercure, dont l'ampoule est autrement grande, ne donne-t-il pas entière satisfaction ?

Deuxième partie.

Nous venons d'examiner les différents outils mis à notre disposition : le faisceau photo-électrique, les cellules et les amplificateurs.

Nous pouvons les combiner à notre gré, pour créer de nombreux appareils permettant de réaliser le but que nous nous proposons, c'est-à-dire la *commande automatique* d'un mécanisme lors de la variation d'un éclairement.

Une règle inflexible limitera toutefois le nombre des combinaisons possibles : c'est celle qui, pour l'automaticité industrielle, interdit l'emploi d'appareils délicats. Nous devons construire un relais photo-électrique rustique et robuste. La précision de la mesure sera un peu diminuée, et même, dans beaucoup d'applications, le fonctionnement s'effectuera par « tout ou rien », c'est-à-dire que notre appareil n'aura à discerner automatiquement que deux cas : ou bien un éclairement suffisant de la cellule, ou bien l'occultation totale du faisceau lumineux.

Choix de la cellule. — Examinons d'abord le cas de la cellule à couche semi-conductrice.

Elle peut alimenter directement un galvanomètre : on réalisera ainsi un luxmètre, un posemètre ou un opacimètre portatif, d'autant plus intéressant qu'il n'exigera aucune connexion extérieure. Par contre, cette cellule ne permet que difficilement l'amplification par lampe, en raison de la très faible différence de potentiel qu'elle crée à ses bornes. L'énergie débitée pour 100 lux est 12.000 fois plus faible que l'énergie réglée par une cellule à gaz de même dimension. Devant une « énergie de départ » tellement infime, l'influence relative des variables extérieures devient considé-

rable ; en particulier la moindre variation de la tension appliquée à l'amplificatrice faussera considérablement la mesure.

Considérons maintenant les deux autres types de cellule : on peut les juger ensemble, car le même relais fonctionnera indifféremment avec une cellule photo-conductrice ou avec une cellule photo-émettrice.

L'une ou l'autre nécessite — c'est entendu — son raccordement à un réseau électrique ; mais notre relais n'est qu'un interrupteur qui exigera, du fait de son rôle, deux connexions extérieures ; il n'est pas particulièrement gênant d'en ajouter une troisième.

La cellule photo-émettrice au césium fournit la solution la plus normale des problèmes d'automaticité ; elle est bien sensible au spectre visible, et l'est encore suffisamment dans l'infra-rouge.

La cellule photo-émettrice au potassium est avantageuse pour la colorimétrie, ou bien lorsqu'il s'agit de trier, d'après leur couleur, des objets bleus ou violets. En effet, aucun écran ne peut éliminer l'infra-rouge sans atténuer considérablement les radiations visibles ; la cellule au potassium est fort peu sensible à l'infra-rouge.

Quel que soit le métal utilisé par la cathode, on choisira en général une cellule à gaz pour que « l'énergie de départ » soit aussi importante que possible ; la sensibilité variera légèrement avec le temps, mais dans des limites peu gênantes.

La cellule photo-émettrice à vide ne sera utilisée que pour les mesures de précision ; un étage supplémentaire d'amplification par lampe sera parfois nécessaire.

La cellule photo-conductrice (particulièrement celle au thallium) convient bien pour le faisceau infra-rouge, surtout si le trajet est grand ou si les réflexions sont nombreuses ; elle est remarquablement sensible aux radiations calorifiques.

Composition du relais (fig. 3). — Le relais photo-électrique doit être complet par lui-même et se poser comme n'importe quel interrupteur. Pour les cas normaux il comprendra principalement :

1° Un système répartiteur fournissant les différentes tensions exigées par les différents circuits (cellule, chauffage de la triode, espace « filament-plaque » de celle-ci, etc.). Ce sera un potentiomètre pour le courant continu, un transformateur à prises multiples pour le courant alternatif.

2° Une cellule photo-électrique convenablement protégée ; elle peut être logée, soit dans le relais lui-même (fig. 4), soit dans un

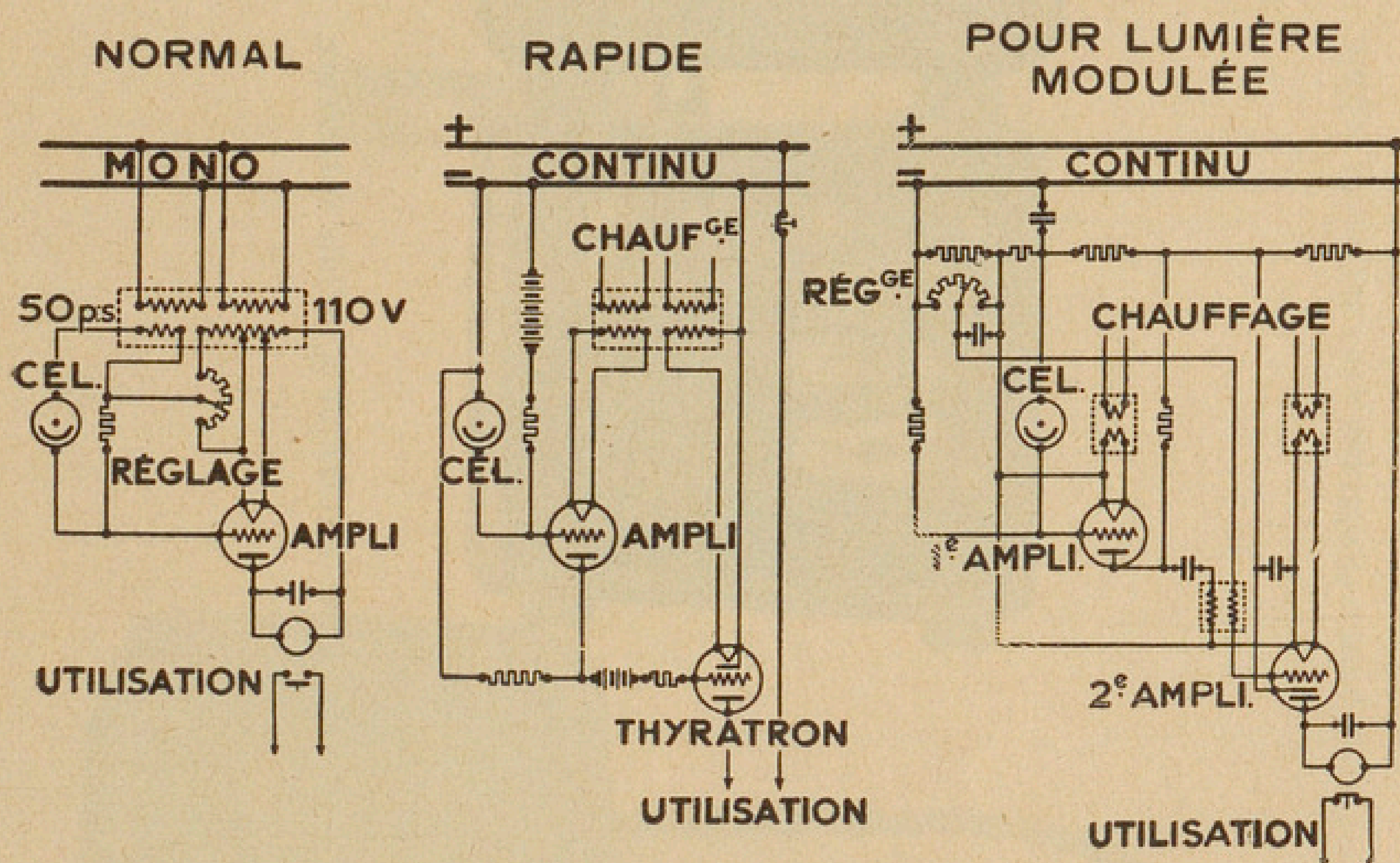


Fig. 3.

carter de cellule (fig. 5) relié au coffret par un câble souple protégé.

3° Une triode amplificatrice.

4° Un contacteur pour le circuit d'utilisation.

5° Un potentiomètre de réglage.

La cellule (fig. 3) débite sur une résistance de valeur élevée ; la tension aux bornes de celle-ci assure l'excitation de la triode. La bobine du contacteur final est reliée au réseau à travers l'espace « filament-plaque » de la triode ; cette bobine est caractérisée par deux intensités remarquables : celle qui provoque la fermeture des contacts, celle qui provoque l'ouverture des mêmes contacts.

Les différents courants sont pratiquement proportionnels à l'éclairement reçu par la cellule. Les deux intensités critiques

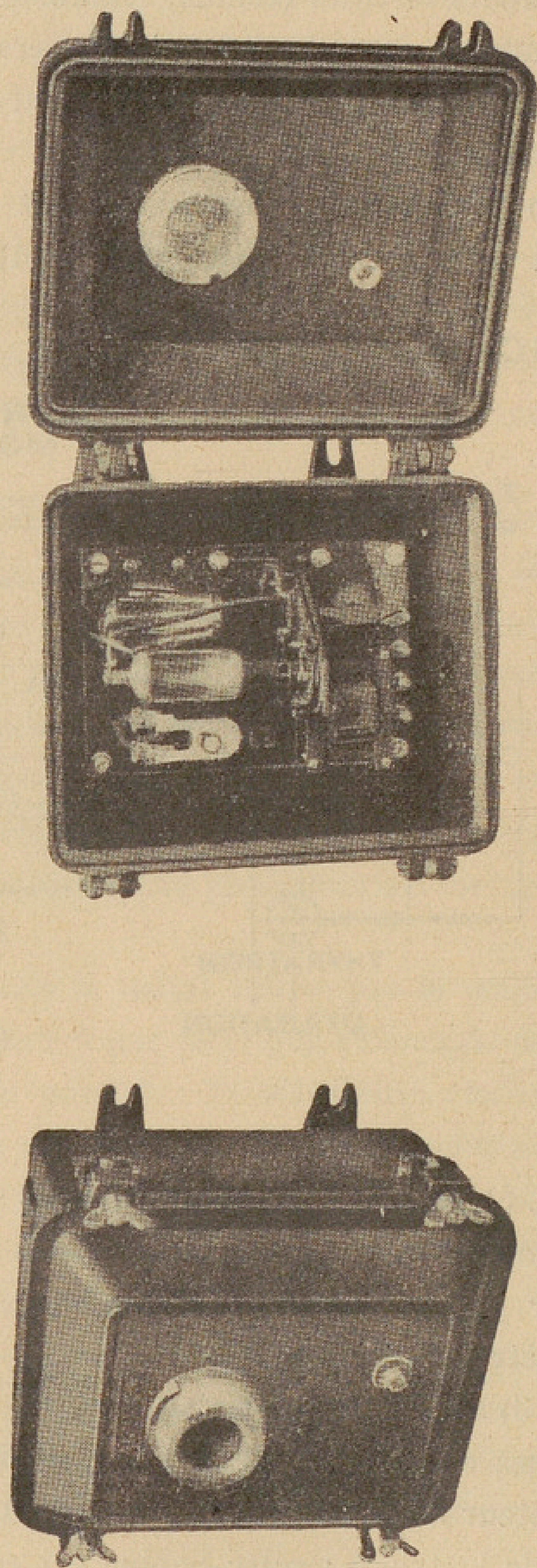


Fig. 4. — Relais photo-électrique à cellule intérieure.

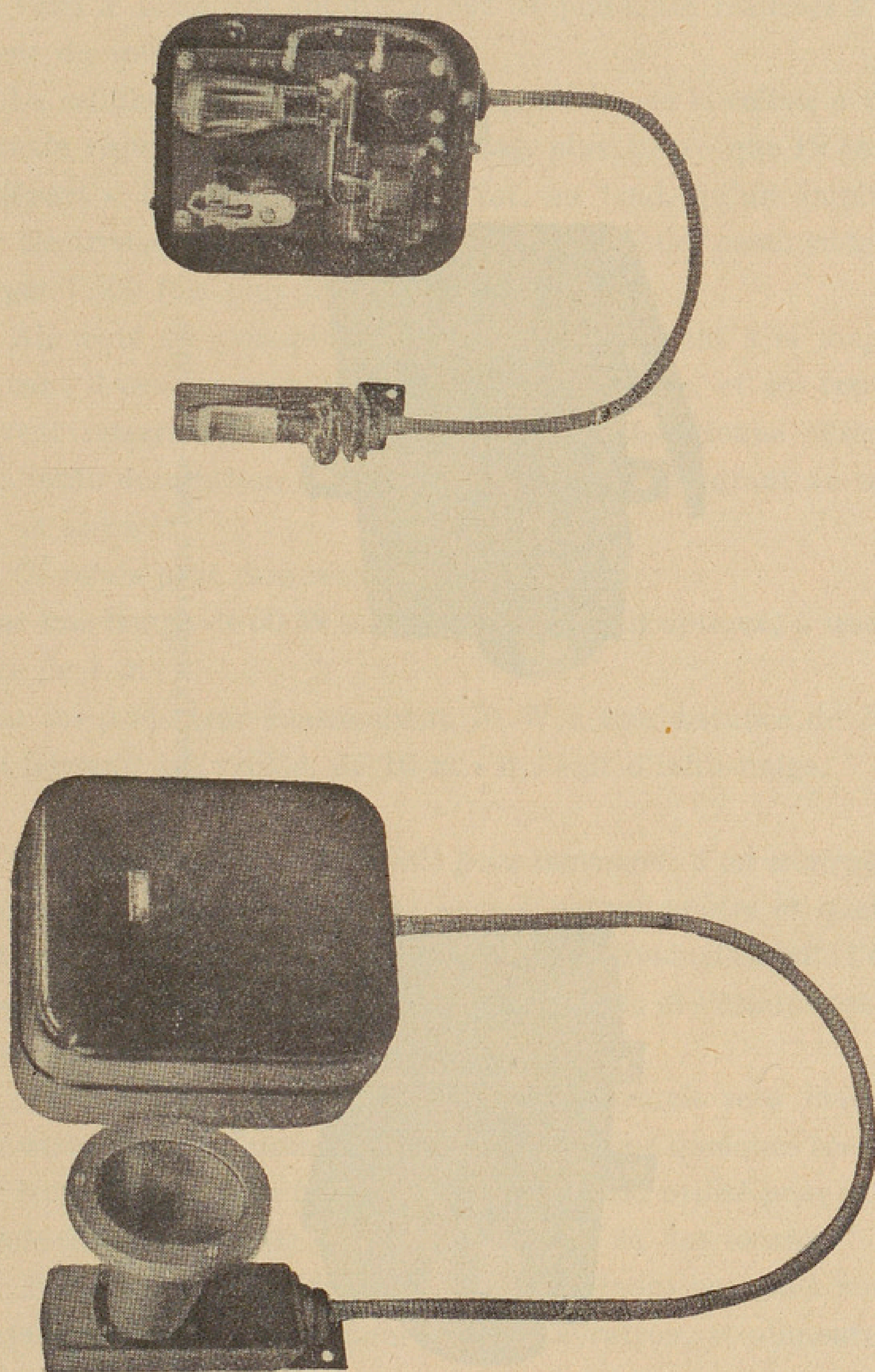


Fig. 5. — Relais photo-électrique avec carter de cellule.

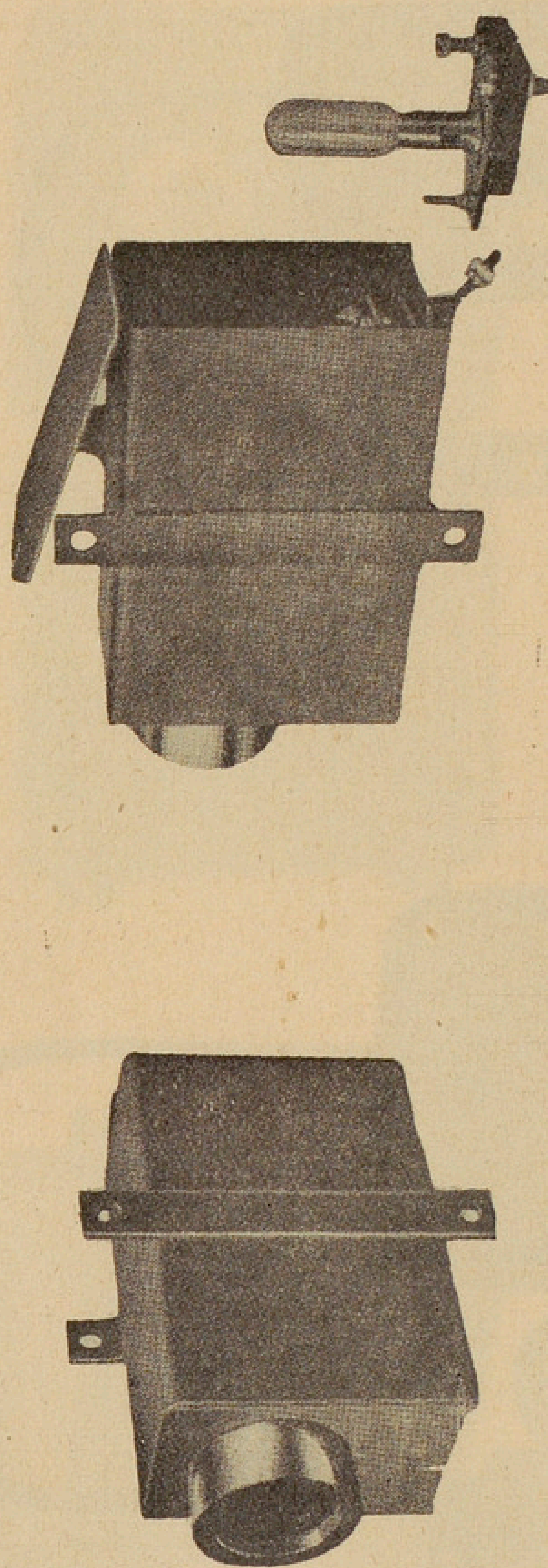


Fig. 6. — Projecteur pour l'automaticité photo-électrique.

sont atteintes pour deux valeurs d'éclairement qu'on règle simultanément au moyen de l'unique potentiomètre.

Voici le bilan des amplifications de puissance réalisées à l'intérieur du relais :

La cellule à gaz est dix fois plus sensible que la cellule à vide ; la triode règle une puissance mille fois plus élevée que l'« énergie de départ ». Le contacteur final n'est, au fond, qu'un amplificateur électromagnétique qui, obéissant à la triode, commande une énergie 1.500 fois plus forte.

Alimenté en monophasé, un tel relais convient à la majorité des cas ; il consomme moins de 15 Volt-Ampères, et ses contacts peuvent interrompre 15 A sous 115 V. Il fonctionne sûrement pour toute occultation ou pour tout éclairement durant au moins 1 /5 de seconde.

Ce relais peut être sensibilisé :

par une lampe de 60 W sans aucun dispositif optique, à une distance de 1 m ;

par un projecteur consommant 70 W à une distance de 20 m, si le faisceau est visible, de 10 m s'il s'agit d'infra-rouge.

Relais spéciaux. — 1° *Relais pour commande d'un éclairage.* — Ajoutons au relais classique un second potentiomètre et quelques contacts auxiliaires ; on pourra régler individuellement l'éclairement qui provoque la fermeture des contacts et l'éclairement qui provoque leur ouverture.

Si nous ajoutons un retardateur, l'appareil sera insensible aux variations d'éclairement qui ne durent que quelques secondes.

Nous verrons plus loin que cet appareil est utilisé pour la commande automatique de l'éclairage des rues et des locaux.

2° *Relais extra-rapide* (Fig. 3). — Revenons au relais normal, remplaçons le contacteur final par un thyratron, et alimentons le tout en courant continu.

Le thyratron est un relais dont l'inertie est pratiquement nulle ; il suffit d'exciter sa grille pendant 1 millième de seconde pour amorcer son fonctionnement ; il peut, d'autre part, commander une intensité importante.

Nous venons de constituer un interrupteur sensible à tout éclairement ou à toute occultation durant au moins un millième de seconde ; nous l'utiliserons pour la signalisation et le comptage d'objets rapides ou de petite dimension.

3° *Relais pour lumière modulée* (Fig. 3). — Revenons à nouveau au relais normal, alimenté en courant continu, et interposons entre la triode et la bobine du contacteur final un transformateur, appareil imperméable au courant continu. Un éclairement permanent de la cellule n'aura aucun effet. Si, par contre, nous l'éclairons avec un faisceau modulé, la cellule émet, 200 à 500 fois par seconde, des impulsions de courant qui passent à travers le transformateur, de la triode vers la bobine, et permettent la manœuvre du contacteur final.

Ce relais ne peut s'alimenter que d'une lumière très particulière, la lumière modulée, visible ou invisible : nous verrons tout à l'heure son application à la protection des locaux.

D'autre part, la modulation facilite le problème de l'amplification ; on utilise parfois, en plus de la cellule de mesure, une cellule d'excitation montée en série avec elle. Cette cellule d'excitation est éclairée en permanence par un faisceau modulé. On peut ainsi utiliser les avantages du transformateur pour l'analyse d'un faisceau principal non modulé.

4° *Quelques montages spéciaux.* — Examinons les principales variables qui peuvent influencer la mesure de l'éclairement.

Les variations de tension du réseau sont gênantes ; on peut les atténuer par l'emploi d'une lampe régulatrice.

La lampe du projecteur vieillit ; si l'on ne peut accepter un étalonnage périodique du relais, il faut avoir recours au montage en opposition de deux cellules éclairées par la même lampe. Nous supposerons, dans ce qui suit, qu'il s'agit de juger l'opacité d'une fumée.

Celle-ci traverse l'un des deux faisceaux lumineux ; l'autre faisceau passe dans de l'air constamment propre. Le courant réglé par l'ensemble des deux cellules en opposition marque la différence de transparence entre l'air propre et l'air chargé de fumée.

Il subsiste une dernière variable : l'influence du vieillissement de la cellule. S'il s'agit d'écarter cette dernière cause d'erreur, on a recours à une modulation un peu spéciale. Le disque modulateur établit alternativement deux faisceaux, qui partent tous deux du même projecteur, et atteignent tous deux la même cellule. L'un traverse la fumée, l'autre l'air transparent. A condition que la modulation soit suffisamment rapide, la cellule règle un courant proportionnel à la différence de transparence des deux trajets et l'influence des variables extérieures est à peu près annulée.

Troisième partie.

Voici le matériel rassemblé ; il nous reste à l'utiliser. Nous citerons quelques applications réalisées et quelques applications certainement réalisables ; mais il appartient à tous de rechercher les problèmes extrêmement nombreux qui, puisqu'il existe un relais pratique, peuvent recevoir des solutions fort intéressantes.

Les premiers exemples intéressent tous les industriels ; les autres concernent différentes industries spécialisées.

Applications générales. — 1° *Commande d'un éclairage.* — Depuis cinq ans, plusieurs centaines de relais photo-électriques commandent, aux Etats-Unis, l'éclairage extérieur des rues, des gares, des édifices, et l'éclairage intérieur des usines, des écoles, des vitrines. La cellule examine l'éclairement extérieur, commande l'allumage au crépuscule, et l'extinction au lever du jour. Pour juger l'intérêt de cette idée, comparons-la avec les deux moyens classiques de commande d'un éclairage : en premier lieu, la manœuvre à la volonté de l'homme ; en second lieu, la commande par une horloge à contact.

Vous pensez sans doute que vous éclairez votre lampe de bureau au moment logique, d'après le coucher du soleil. Il n'en est rien : l'homme tend à respecter, de jour en jour, les mêmes heures pour l'allumage et l'extinction ; il ne suit les heures de coucher et de lever du soleil qu'avec un retard saisonnier qu'on peut comparer à l'effet d'une inertie ; nous allons en donner la preuve.

Prenons le graphique de charge quotidien d'une centrale importante ; il est facile de déterminer les heures où la charge varie le plus rapidement. On connaît ainsi les instants où la majorité des consommateurs allume ou éteint ses lampes. Les observatoires régionaux communiquent l'éclairement naturel extérieur lors de ces instants remarquables.

On devrait mettre en service l'éclairage intérieur quand l'éclaiment extérieur descend à une valeur comprise entre 2.000 et 1.000 lux. Or, une statistique portant sur les graphiques d'une année, pour plusieurs régions, prouve qu'en moyenne le consommateur allume lorsque l'éclairement extérieur décroissant atteint :

2 à 300 lux en novembre (allumage tardif) ;

5 à 6.000 lux en mars (allumage prématuré).

S'il s'agit de commander un circuit d'éclairage *extérieur*, le réglage est tout à fait différent : on doit allumer lorsque le jour décroît jusqu'à 100 lux ou 50 lux.

A ces anomalies saisonnières, que l'on peut éviter par l'emploi d'horloges à contact, viennent s'ajouter des anomalies journalières contre lesquelles ces horloges sont impuissantes : lorsqu'il fait beau, elles allument trop tôt ; lorsque le ciel est couvert, elles allument trop tard.

La commande photo-électrique, au contraire, substituée à la manœuvre humaine ou à la commande par horloge, assurera en toutes saisons et par tous temps l'éclairage le plus rationnel. La consommation d'énergie en sera peut-être légèrement augmentée — encore cela n'est-il pas certain — mais ce qui l'est c'est que, dans l'ensemble, on supprimera un gaspillage de lumière au printemps, on augmentera l'utilisation de la main-d'œuvre en hiver, on diminuera la fatigue visuelle du personnel. Ces derniers avantages assurent, tout compte fait, *une économie.*

Nous avons vu que le relais utilisé permet deux réglages distincts pour l'allumage et l'extinction ; le retardateur évite l'allumage intempestif s'il passe une fumée, et l'extinction intempestive par l'effet des phares d'une voiture.

2° *Manœuvre d'une porte* (Fig. 7). — Toute porte peut s'ouvrir lorsqu'une voiture ou un piéton occulte un faisceau visible ou

invisible. Il est d'ailleurs possible de trier les voitures d'une part, les piétons de l'autre.

La porte du garage de l'immeuble, 38, avenue Kléber, est

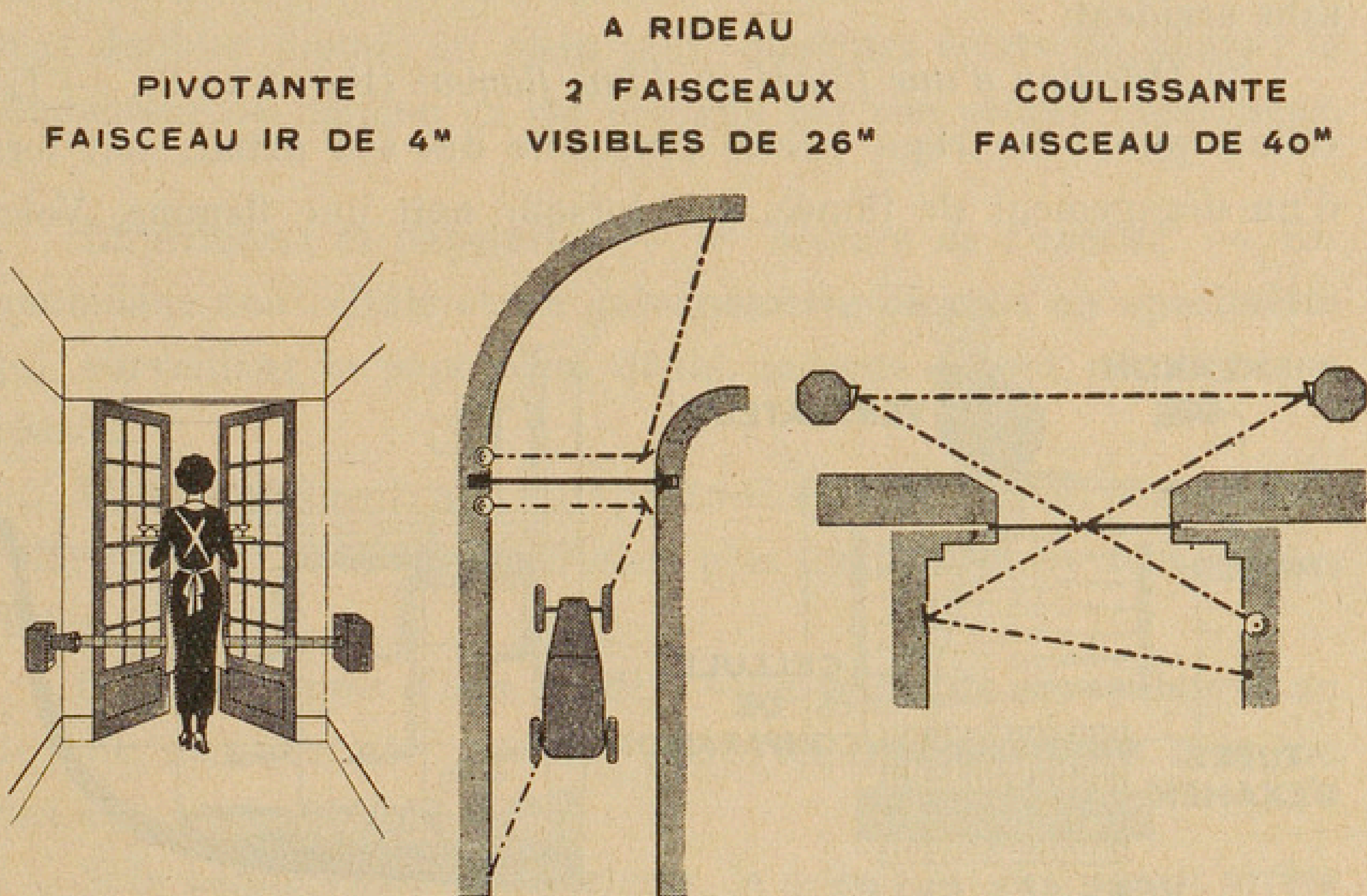


Fig. 7.

commandée électriquement. Elle vous voit venir et s'ouvre pour vous livrer passage ; lorsqu'elle constate que vous êtes passé, elle

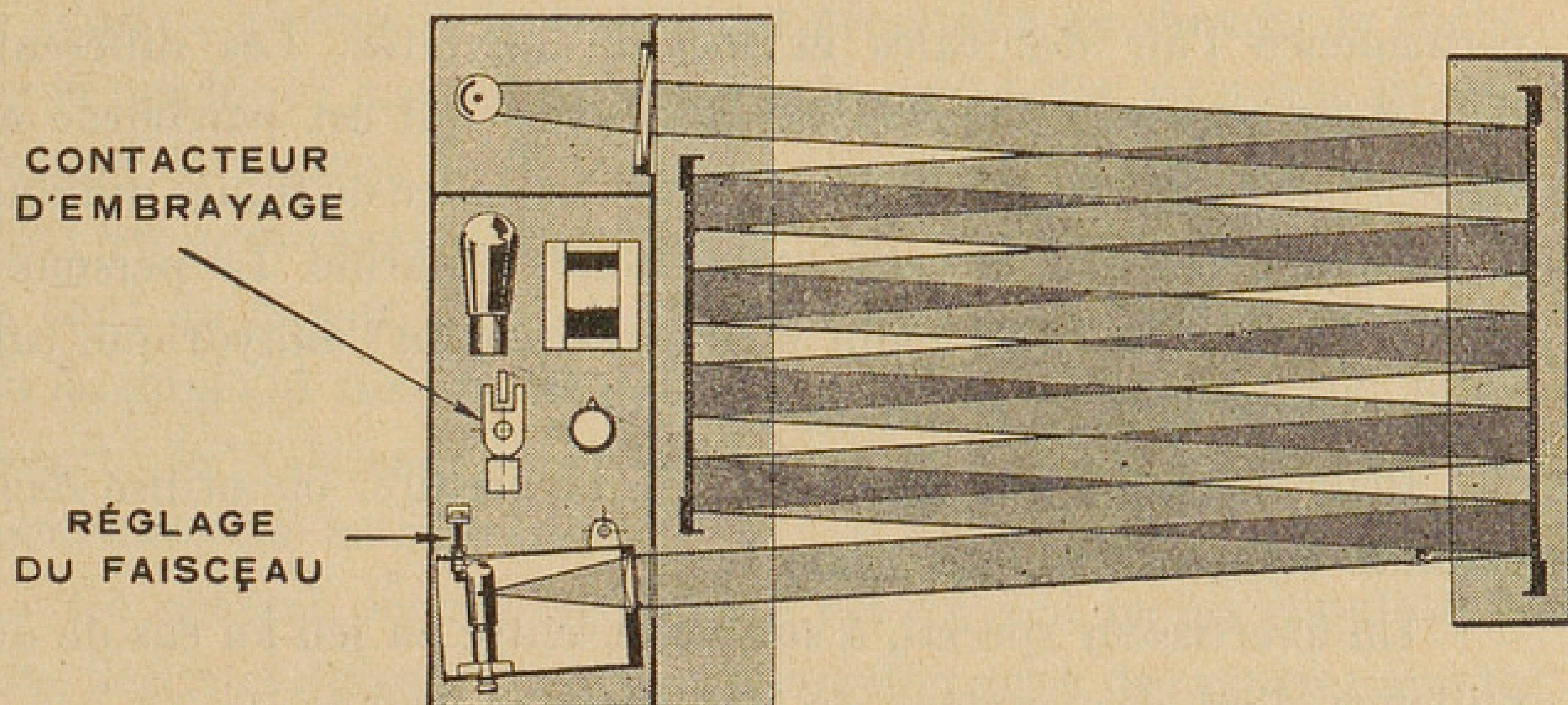


Fig. 8. — Rideau photo-électrique pour protection des ouvriers aux presses.

se referme. Si, par suite d'un changement d'idée, vous revenez vous mettre sur sa route pendant sa fermeture, cette porte *s'aperçoit* qu'elle risque de vous blesser, et s'arrête dans son mouvement ; cette précaution est d'autant plus nécessaire que les deux vantaux pèsent 700 kg. En deux ans l'ensemble a effectué 700.000 manœuvres sans accident.

3° *Détection d'une fumée ou d'une flamme* (Fig. 8 et 9). — La cellule photo-électrique décèle l'incendie dès son début, soit lors d'un dégagement de fumée, soit lorsque naît une flamme. Voici

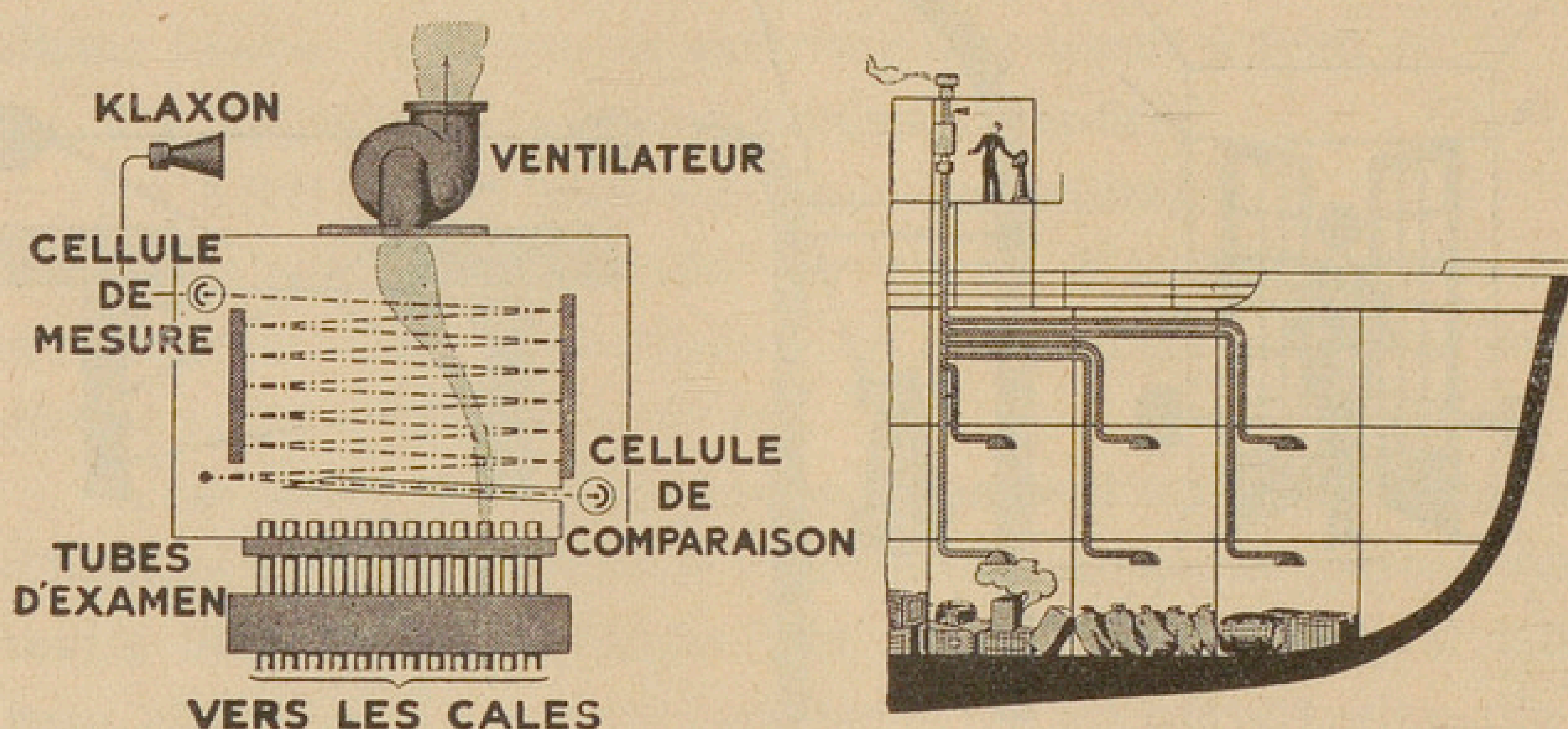


Fig. 9. — Détection des fumées.

le système adopté pour la détection des fumées sur les paquebots *Normandie* et *Président-Doumer*.

Vingt tubes, débitant sur un ventilateur unique, aspirent en permanence l'air des cales et locaux inhabités. Les différents flots d'air traversent une caisse d'analyse, qui est parcourue en zig-zag par un faisceau lumineux. Toute présence de fumée diminue la lumière reçue par la cellule, qui donne l'alarme. Le personnel du bord utilise le tube voulu pour expédier de l'anhydrique carbonique dans le local en danger.

Pour augmenter la sensibilité de la mesure, on utilise deux cellules montées en opposition.

Un avertisseur spécial, à son voilé, entre en jeu au cas de défaillance d'un des organes du détecteur de fumée.

4° *Signalisation routière.* — La loi impose, pour les véhicules

poids lourd, l'emploi d'un amplificateur de sons ; le problème est difficile.

On a expérimenté avec succès un moyen détourné d'obtenir le résultat voulu.

Une cellule photo-électrique est montée à l'arrière du camion, et peut commander l'avertisseur de celui-ci. Toute voiture qui veut doubler donne, en plein jour, quelques éclats de phare ; le conducteur du camion en est prévenu par son propre avertisseur.

Imprimerie et papeterie. — 5° *Mesure de l'opacité.* — En combinant une cellule et un galvanomètre on crée un opacimètre qui, surveillant le papier qui défile, indique à tout moment son opacité.

Plus simplement, un relais photo-électrique normal peut donner l'alarme si l'opacité du papier n'est plus comprise entre deux limites fixées.

6° *Surveillance d'une bande.* — Le relais de surveillance, au lieu de mesurer une opacité, peut fonctionner « par tout ou rien ».

Si la bande vient à se déchirer, la cellule est éclairée et arrête immédiatement la machine. On évite ainsi le bourrage du papier, qui provoquerait une immobilisation assez longue.

7° *Commande d'une coupeuse suivant un dessin* (Fig. 10). — Prenons le cas d'une machine qui imprime et coupe un papier d'emballage.

Si l'on change le format, il est nécessaire de changer le cliché sur la machine ; mais il est regrettable qu'il faille, en même temps, changer le réglage de la coupeuse. On peut écarter cet inconvénient en prévoyant à l'impression des marques perpendiculaires au bord du papier, de couleur foncée, dont les dimensions seront, par exemple, 4 mm × 50 mm. Chaque fois qu'une marque passe devant le faisceau photo-électrique, la cellule commande la manœuvre de la coupeuse.

En général, le montage utilisé est un peu moins simple que celui décrit ci-dessus : l'examen photoélectrique des repères ajuste périodiquement la vitesse de rotation de la coupeuse.

Manutention. — 8° *Tri automatique.* — La cellule peut classer d'après leur apparence différents objets qui défilent ; un mécanisme convenable, commandé par le relais, se chargera d'orienter chacun des objets vers la case ou vers le transporteur qui lui convient.

On peut d'abord juger l'intensité d'une teinte donnée ; on sépare ainsi les objets *clairs* des objets *foncés* (fig. 10). En général, il s'agit d'objets opaques : on mesurera donc la quantité de lumière réfléchie par chacun d'eux. Aux Etats-Unis, on trie ainsi les grains de café, les céréales grillées, les cigares et les écheveaux de coton.

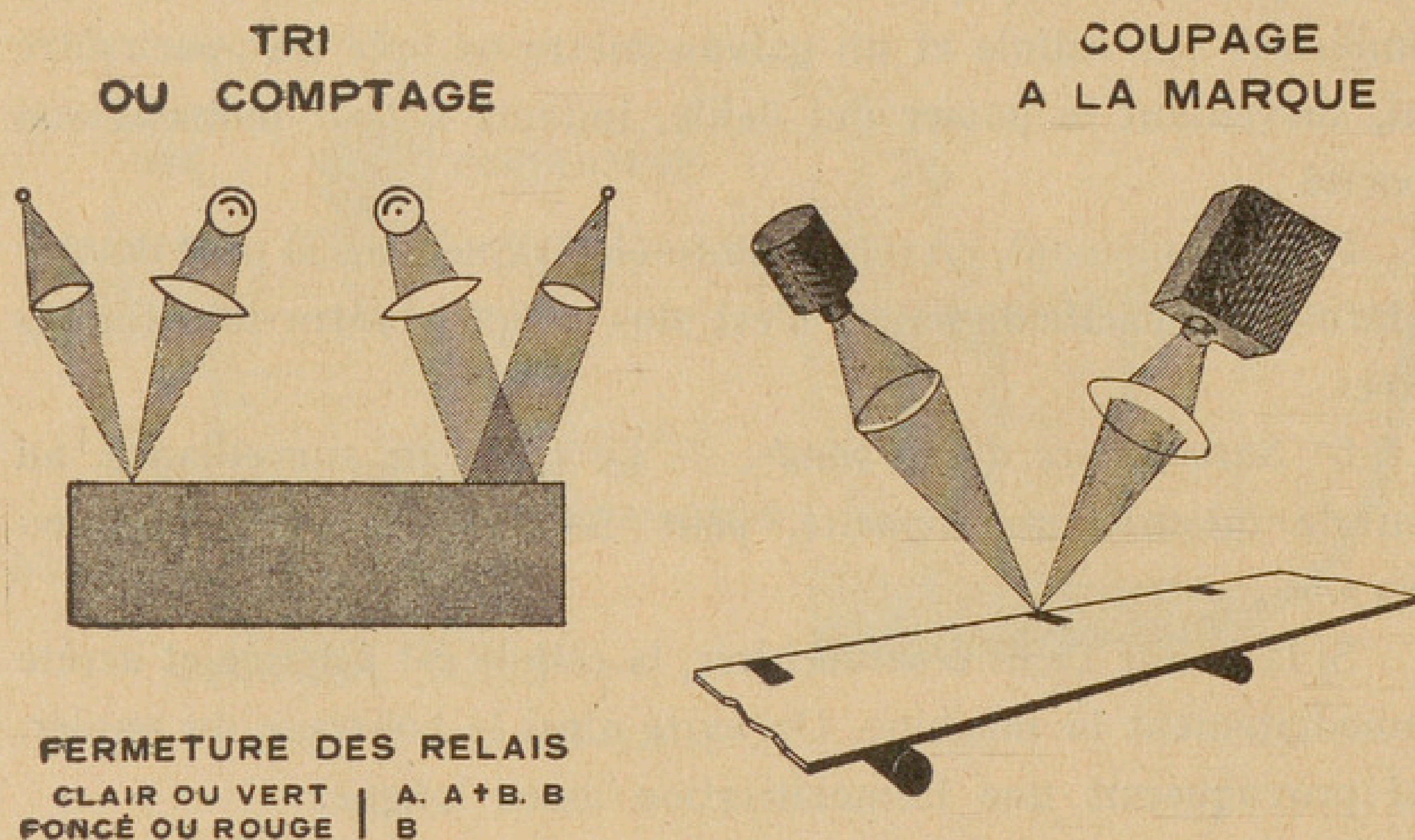


Fig. 10. — Lumière réfléchie.

Si l'on utilise deux relais comportant deux cellules de sensibilité spectrale différente, ou bien deux projecteurs émettant des lumières monochromatiques différentes, on pourra classer les objets suivant leur couleur, et, par exemple, séparer les *rouges* et les *verts.*

Attaquons-nous maintenant à la forme des objets (fig. 11). Si nous utilisons deux faisceaux parallèles, et quelques relais commutateurs, nous pourrons obtenir les classements suivants :

long ou *court* ;

haut ou *bas.*

Ce dernier mode de classement peut aussi être utilisé pour

le tri volontaire. Si l'on veut classer des objets semblables, on peut les différencier par l'adjonction d'un drapeau, dont l'altitude fixe la destination du produit. C'est ainsi qu'on aiguille automatiquement, aux Etats-Unis, les sacs postaux, et des caisses contenant des pièces de décolletage.

Enfin, la même combinaison de deux faisceaux parallèles permet de juger le sens de déplacement d'un mobile :

marche avant ;

marche arrière.

Si l'on applique ce principe à l'examen d'un disque tournant,

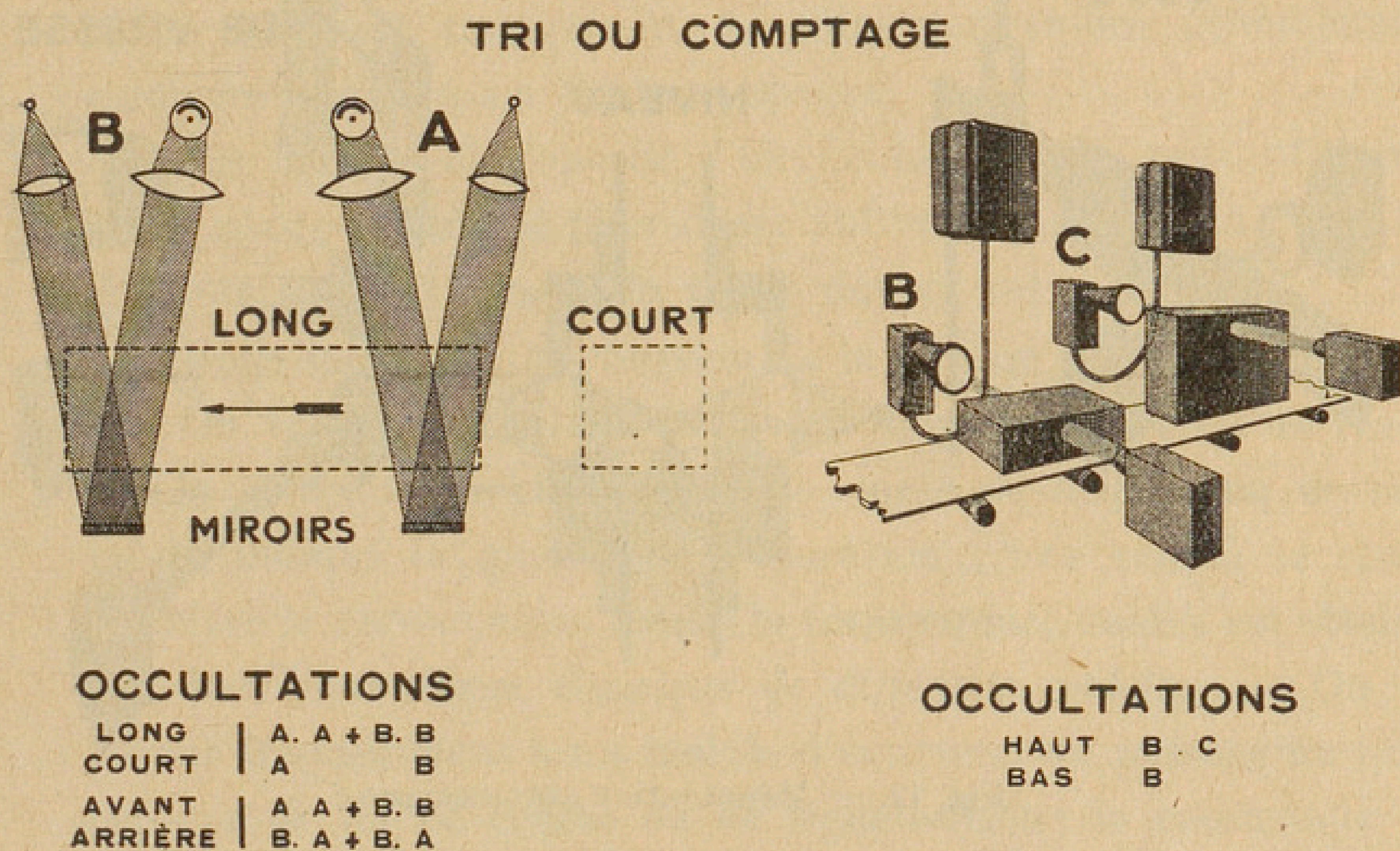


Fig. 11. — Lumière occultée.

l'équipement indiquera le sens de rotation. Nous pouvons le compléter par un fréquencemètre alimenté par l'une des cellules, et nous aurons réalisé un indicateur à distance, sans aucune liaison mécanique ou électrique, du sens et de la vitesse de rotation ; il suffira que cet appareil « regarde » une partie tournante.

Revenons à la disposition qui indique *marche avant, marche arrière* ; on peut l'utiliser pour mettre en marche une sous-station de traction lorsqu'un train de longueur déterminée se dirige dans le sens voulu.

On pourrait sans doute appliquer ce principe à la signali-

sation des passages à niveau et des carrefours : en effet, seul le véhicule qui s'approche doit commander le dispositif.

9° *Comptage.* — Tout ce que nous venons de dire du tri automatique s'applique aussi bien au comptage ; le relais commande alors un compteur à chiffres sautants.

Il est amusant de noter que l'on peut décompter les objets défilant en sens inverse.

10° *Pesée automatique.* — Il s'agit d'emplir, avec un liquide ou une matière pulvérulente, des récipients qui défilent sur une

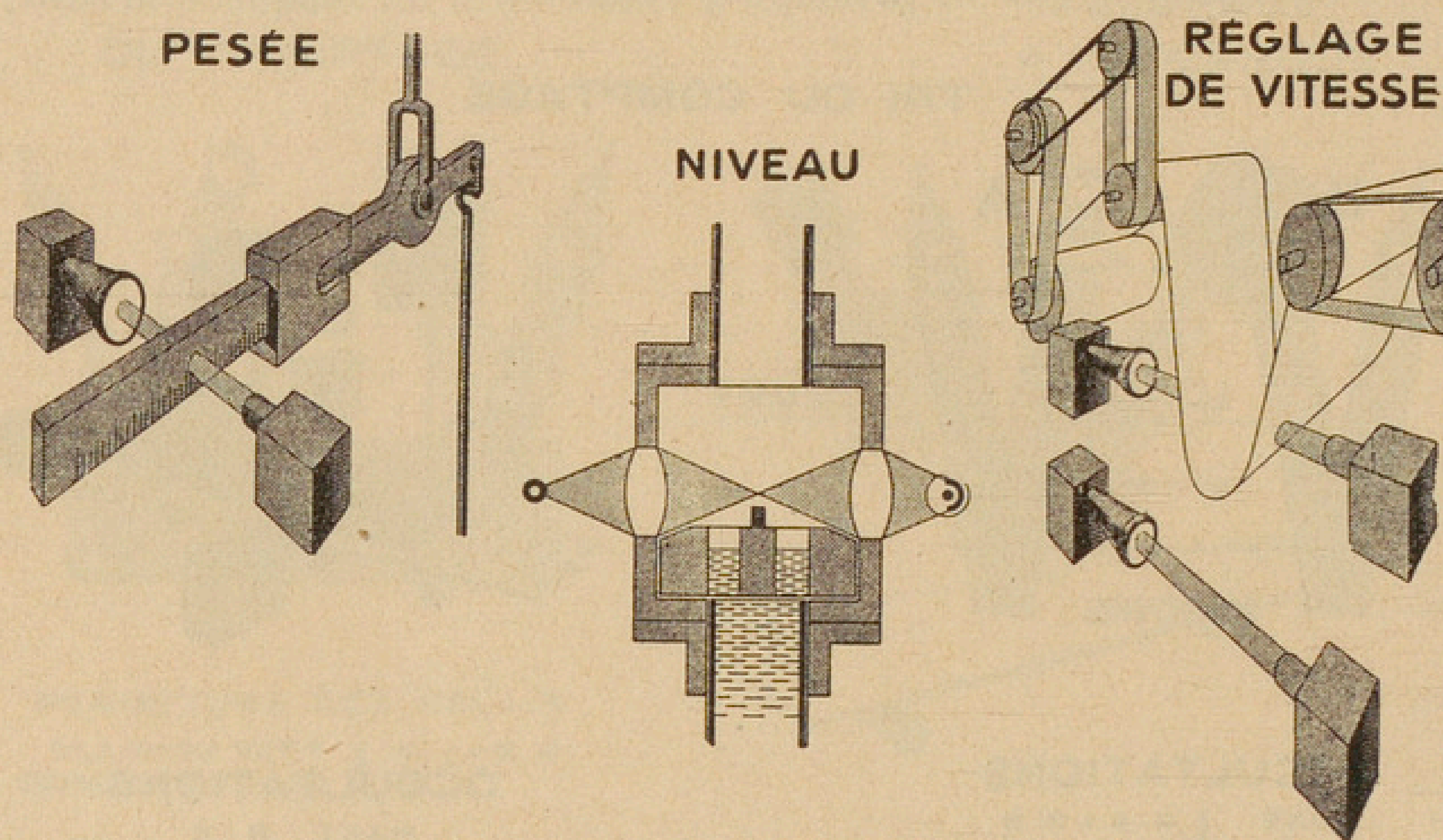


Fig. 12. — Manutention automatique.

bascule. L'homme appuie sur un bouton ; un robinet à commande électrique s'ouvre à sa plus grande ouverture.

L'aiguille de la bascule porte un petit drapeau qui, lorsque le poids approche la valeur voulue, vient occulter un faisceau lumineux ; le robinet électrique se ferme partiellement et n'assure plus que le cinquième de son débit maximum. L'aiguille voyage plus lentement ; lorsque le drapeau quitte définitivement le faisceau, le robinet se ferme entièrement ; l'aiguille indique alors exactement le poids désiré. On obtient ainsi une précision de pesée aussi bonne que l'on voudra, à condition que le cadran de la bascule soit suffisamment grand.

Nous avons étudié un système qui impose à l'homme une

obligation supplémentaire : il doit faire la tare du contenant avant que le robinet s'ouvre ; deux cellules sont alors nécessaires.

S'il s'agit d'une bascule dont le fléau est apparent, on peut utiliser celui-ci pour l'occultation du faisceau (fig. 12).

11° *Mesure d'un niveau* (Fig. 12). — Nous voulons commander un mécanisme lorsqu'un liquide atteint un niveau déterminé ; pour des raisons d'étanchéité ou de sécurité, ce liquide est inaccessible.

Dans un tube métallique, prévoyons deux oculaires robustes en cristal ; il suffit ensuite de tendre un faisceau lumineux qui les traverse. Si le liquide est opaque, il se chargera lui-même de l'occultation ; s'il est transparent, la réfraction suffira généralement, sinon on prévoira un flotteur opaque.

12° *Mesure de l'opacité d'un liquide.* — On peut utiliser le relais photo-électrique pour doser automatiquement un colorant ; il arrête le débit lorsque la teinte désirée est atteinte.

Voici une autre application de la mesure de l'opacité :

On vérifie l'épuration de l'eau potable au moyen d'un réactif qui la colore momentanément. La durée de disparition de cette teinte indique la qualité de l'épuration : une cellule se charge d'arrêter le chronomètre quand la transparence voulue est atteinte.

13° *Verrouillage électrique de différents mobiles.* — On demande fréquemment à un mobile d'actionner au passage un interrupteur de fin de course ou de signalisation ; la commande par contact mécanique convient dans la plupart des cas.

Par contre, s'il s'agit d'objets rapides (ascenseurs à grande vitesse), ou très chauds (lingots), ou très délicats (cocons de soie), ou inaccessibles au toucher, le contact mécanique ne convient plus.

Dans ce cas, adoptons un contact immatériel : l'occultation d'un faisceau lumineux.

Voici un exemple :

Dans une machine à dresser les tubes en bout, l'avance du tube est commandée par un moteur ; au cas d'inattention de l'ouvrier, le tube percutait le plateau du tour.

On a disposé un faisceau de verrouillage qui, occulté par l'extrémité du tube, arrête l'avance.

Par le même moyen, on peut obtenir l'arrêt des ascenseurs sans choc et sans bruit, ou bien régler la longueur d'une boucle interposée entre un rouleur dévideur et un rouleau renvideur (fig. 12).

14° *Vérification optique.* — Dans toute production de série, on doit vérifier la qualité à différents stades de la fabrication. Certaines vérifications ne peuvent être qu'un examen : si l'œil humain entre en jeu, il est très difficile d'obtenir du contrôleur une attention soutenue pendant plusieurs heures. Il sera parfois préférable d'utiliser la cellule, et voici trois exemples de son utilisation pour le contrôle optique.

Dans la fabrication des tubes pour pâte dentifrice une machine mortaise le trou de sortie de la pâte ; un relais photo-électrique vérifie que ce trou existe bien ; si oui, l'ébauche atteint la machine à plier le fond ; sinon, elle est rebutée.

Les tubes emplis de pâte ne sont acheminés vers la machine à empaqueter que si la marque de fabrique est bien orientée vers l'avant : cette surveillance est assurée par une cellule.

Les boîtes de cigarettes sont examinées ouvertes : si la marque n'est pas apparente — et en bonne place — sur chaque cigarette, la machine s'arrête, et on procède à son réglage.

Machines-Outils. — 15° *Protection de l'ouvrier* (Fig. 8). — On a imaginé de nombreux dispositifs mécaniques qui s'efforcent de protéger les mains de l'ouvrier ; tous réduisent les risques, mais exigent de l'ouvrier, à chaque opération, un mouvement supplémentaire ou une manœuvre anormale.

Pour remplacer ce mécanisme, nous créons un barrage lumineux à l'entrée de la zone dangereuse ; si la hauteur de celle-ci est importante, nous promènerons un faisceau en zig-zag entre deux miroirs plans parallèles.

L'équipage mobile de la machine ne peut manœuvrer que lorsque ce barrage est intact, et s'arrête si la main le crève. Ce rideau de lumière ne peut gêner l'ouvrier, et ne verrouille que pendant la période de descente de l'outil. A sécurité égale, ce dispositif réduit la fatigue et augmente la production.

Il est pratiquement impossible d'arrêter à temps l'équipage mobile d'une presse à volant ; si la durée du coup de presse est supérieure à une seconde, il ne suffit plus de commander le débrayage. Dans ce cas, l'équipement photo-électrique, détectant instantanément le danger, déclenche une barre de sécurité qui écarte l'ouvrier.

Ce dispositif est particulièrement intéressant pour les presses à volant, les presses à balancier et les calandres.

16° *Commande à distance d'un mécanisme.* — Sur certains

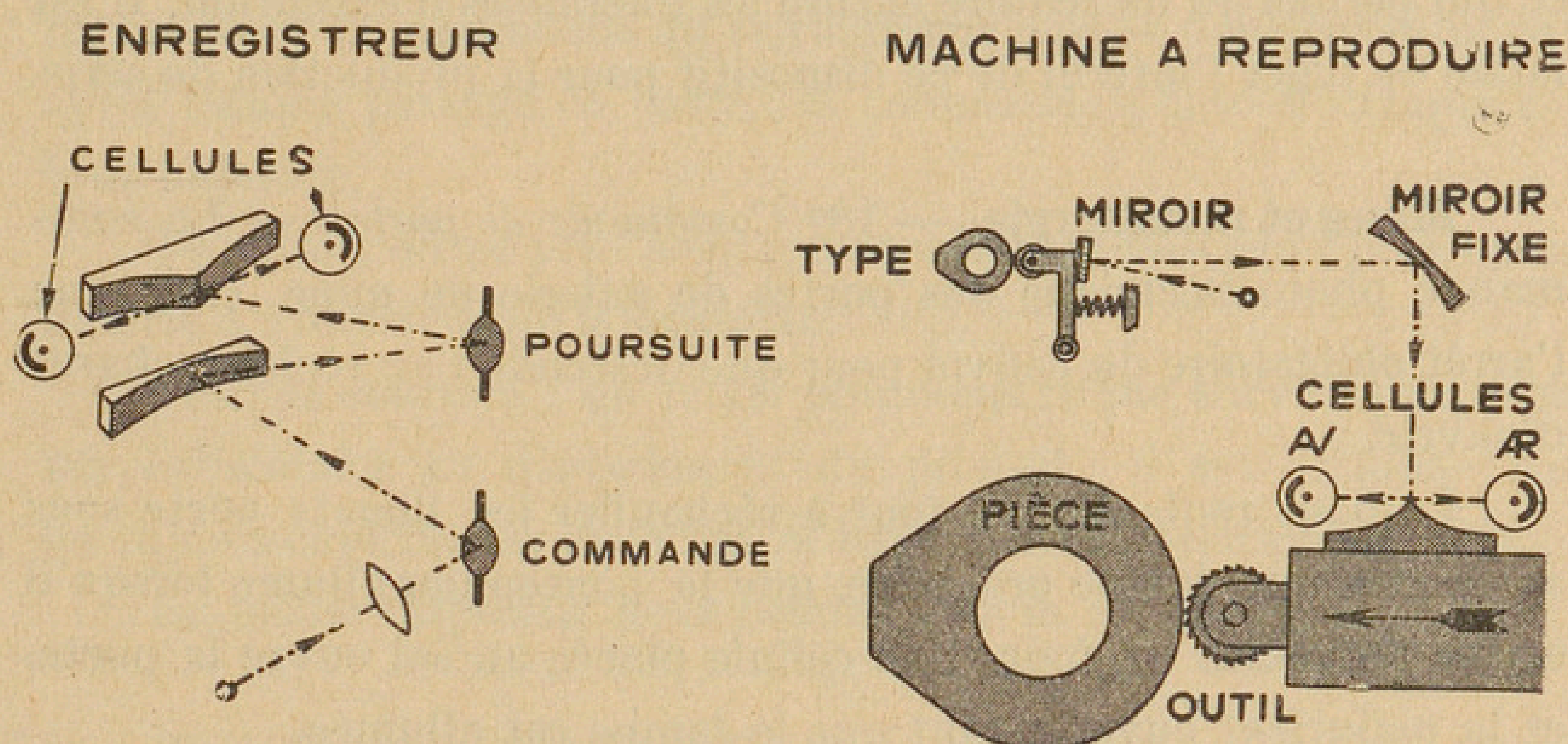


Fig. 13. — Dispositifs de poursuite.

tours très longs, on prévoit des boutons « d'arrêt d'urgence » en différents points du banc.

Il est plus simple de tendre un faisceau lumineux unique, parallèle au banc, à la hauteur voulue ; en cas de danger, il suffit à l'homme de lever la main pour arrêter instantanément la machine.

On pourrait tout aussi bien, en disposant deux faisceaux, commander de n'importe quel point du banc la marche en avant ou en arrière du moteur d'avance.

17° *Commande d'un dispositif de poursuite* (Fig. 13). — On demande fréquemment à un mécanisme lourd de suivre instantanément, avec précision, les déplacements d'un petit appareil détecteur ; c'est le cas de certains enregistreurs ; c'est aussi celui, très intéressant, des machines à reproduire.

Si l'on oppose au palpeur un couple résistant, même très faible, la précision devient mauvaise. Pour supprimer toute résistance demandons-lui simplement de commander un miroir : deux cellules photoélectriques se chargeront du reste.

On peut employer le même moyen pour réduire l'effort appliqué aux jauges et aux comparateurs qui pratiquent des mesures de haute précision.

On étudie actuellement le moyen d'arrêter automatiquement une machine-outil lorsque la cote voulue est atteinte exactement, ce qui permettra de réduire encore les tolérances d'exécution. Il est facile de juger l'intérêt de ce dispositif pour la production de série.

Mines et métallurgie. — 18° *Commande de portes.* — La commande photo-électrique des portes de galerie de mine supprime l'arrêt obligatoire du convoi pour que descende l'accrocheur chargé d'ouvrir.

Le pont roulant d'un four à réchauffer les lingots porte sous sa cabine une lampe ordinaire, que le pontonnier allume lorsqu'il arrive au-dessus du four. Une cellule placée au sol ouvre la porte, et la maintient ouverte tant que la lampe est allumée.

Cette liaison par la lumière évite la pose de trolleys entre la cabine du pont et l'équipement de la porte.

19° *Comptage de lingots, de berlines et de bennes.* — Le problème du comptage est simple ; contentons-nous de signaler une difficulté particulière à certains cas.

Si l'on veut compter les berlines d'un convoi, le relais doit enregistrer une série d'occultations et d'illuminations alternées. Si le convoi roule à 18 km à l'heure, l'intervalle entre deux berlines dure environ 1/25 de seconde ; il sera nécessaire de choisir un relais rapide.

Signalons la réalisation d'un cas particulièrement complexe : 68 faisceaux lumineux sont disposés à l'intérieur d'un four à réchauffer. Le même nombre de lampes de signalisation indique à tout moment le nombre, la longueur et la position des lingots dans le four.

20° *Vérification d'une vitesse.* — On sait que le ralentissement

des cages d'extraction est commandé par le treuil ; s'il s'agit d'un treuil à adhérence, une poulie Koëpe par exemple, le câble peut glisser par rapport au tambour, et le ralentissement ne commence plus à l'endroit désiré.

Nous avons réalisé un équipement qui, grâce à un seul relais placé dans le puits, 60 m avant la recette, vérifie que la vitesse de la cage à cet endroit est inférieure à 6,00 m : s. S'il n'en est pas ainsi, le frein de sécurité entre en jeu.

21° *Commande par rayons calorifiques.* — Dans un laminoir à barres fines, le mécanisme du refroidissoir doit se déplacer d'un pas après chaque passage de barre ; la commande photo-électrique est tout indiquée.

Toutefois, on ne peut songer à occulter un faisceau car la barre fouette à l'intérieur de la goulotte.

Voici la solution : un relais photo-électrique surveille un plan perpendiculaire au déplacement du produit ; il est actionné par les rayons calorifiques émis par la barre dès l'apparition de celle-ci.

Le même dispositif peut commander la cisaille.

Chaufferie. — 22° *Contrôle optique des fumées.* — Nous avons examiné tout à l'heure le détecteur de fumée qui signale l'incendie.

On utilise autrement le même principe : le relais mesure alors constamment l'opacité de la fumée au bas d'une cheminée. On tolère une certaine opacité, d'ailleurs réglable à volonté ; si la fumée s'obscurcit, un signal acoustique ou lumineux entre en jeu. On peut même commander automatiquement une augmentation du tirage.

Comme les règlements tolèreront certainement l'émission momentanée de fumée, un relais chronométrique ne donnera l'alarme que si la cellule constate une opacité gênante pendant plus d'un temps donné, par exemple 30 secondes.

Un réglage permet de fixer à volonté l'opacité tolérée, un cadran indique la valeur de ce réglage, soit en pour cent, soit en nuances de l'étalon américain Ringelman.

23° *Surveillance d'une flamme.* — Dans le cas d'emploi de brûleurs à mazout, de nombreuses expériences ont montré qu'il y a

risque très grave d'explosion, 3 à 5 secondes après l'extinction de la flamme, si l'admission de combustible continue.

On dispose un relais photo-électrique qui, surveillant la flamme, ferme l'arrivée de combustible dès qu'elle s'éteint : cette commande est rigoureusement instantanée.

Pour vérifier la présence continue du gaz de haut-fourneau dans les conduites, on allume en permanence un brûleur ; le même « surveillant » photoélectrique donne l'alarme dès l'extinction. Comme la brillance de la flamme est généralement insuffisante, on place dans celle-ci un corps incandescent aussi mince que possible.

Applications des relais spéciaux. — Nous avons examiné l'utilisation du relais spécial pour commande d'un circuit d'éclairage.

D'autre part, nous avons vu que certaines applications exigent un relais extrêmement rapide ; il est bon de préciser de ce point de vue l'intérêt du relais à thyratron précédemment décrit.

Le retard de la cellule photo-émettrice n'est jamais gênant, mais, dans le relais normal, le contacteur électromagnétique qui le termine exige, pour sa manœuvre, au moins un dixième de seconde. C'est lui qui rend le relais insensible à tout phénomène lumineux qui n'offre pas cette durée.

C'est pourquoi nous l'avons remplacé par un thyratron, qui s'amorce et débite un courant dès que la cellule modifie son intensité pendant plus d'un millième de seconde. Le thyratron continue à débiter après la fin du phénomène : on peut le considérer comme « amorcé ». Il faut donc prévoir, sur l'appareil d'utilisation, un contact qui coupe momentanément le circuit général quand la manœuvre est terminée, de façon à « désarmer » l'ensemble.

24° *Relais pour lumière modulée.* — On peut facilement protéger un coffre-fort contre les visites inopportunes en traçant un faisceau que nous choisirons évidemment infra-rouge : le relais donnera l'alarme à la première occultation.

Malheureusement, un cambrioleur connaissant cette disposition pourra aveugler la cellule avant son passage. Il lui suffira de

disposer une lampe de poche à l'extrémité d'une canne, pour la poser devant la cellule : la lampe de poche émet des rayons infra-rouges au même titre que le projecteur, et le visiteur pourra passer en toute quiétude à l'arrière de la lampe de poche.

Pour éviter cette possibilité de fraude, deux moyens sont possibles :

On construit des relais photo-électriques qui sont sensibles non pas à la valeur absolue, mais bien à la rapidité de variation d'un éclairement ; il suffit généralement d'ajouter un condensateur et une petite réactance. Quelques inconvénients subsistent, en particulier l'alarme intempestive au cas de variations de la tension du secteur.

Voici le second moyen : modulons le faisceau infra-rouge et utilisons le relais convenable, celui qui comporte un transformateur entre la triode et le relais final.

Si le visiteur tente d'aveugler la cellule avec sa lampe de poche, il provoque l'alarme, car le faisceau permanent de sa lampe masque le faisceau modulé du projecteur : on arrive ainsi à occulter une lumière par une autre lumière de nature différente.

Revenons aux applications plus générales : l'emploi d'un faisceau modulé assure la sécurité positive, car il donne l'alarme ou arrête le mécanisme s'il se produit un éclairement parasite. On peut alors traiter avec toute la prudence voulue les problèmes de signalisation et de verrouillage.

Quatrième partie

Nous voudrions vous avoir convaincu, par ces quelques exemples, de l'intérêt qu'offre l'automaticité photo-électrique ; on peut tirer d'elle des avantages surprenants, presque magiques. Quelle que soit la branche dans laquelle s'exerce votre activité industrielle, elle peut vous rendre des services, à condition, bien entendu, que vous l'utilisiez à bon escient, et sans perdre de vue quelques principes que nous rappellerons pour terminer notre exposé.

***

En ce qui concerne *le choix de l'application* :

Avant de décider qu'un mécanisme sera commandé automatiquement, examinez-le soigneusement : il va assurer un service extrêmement sévère. Vérifiez que les organes mobiles, les butées, le moteur et surtout *le frein* sont capables de fonctionner très fréquemment sans entretien excessif.

Songez ensuite à utiliser les moyens classiques d'automaticité ; s'ils n'offrent pas une solution avantageuse, faites appel — mais dans ce cas seulement — à la commande photo-électrique.

Le fonctionnement est d'autant plus sûr que la variation d'éclairement est plus grande : recherchez les applications par « tout ou rien ».

Le schéma doit être « à sécurité positive » : l'avarie d'un organe quelconque doit arrêter la machine, ou donner l'alarme.

En ce qui concerne *le faisceau lumineux* :

L'éclairement reçu doit être au moins double de celui strictement nécessaire : vérifiez que l'équipement fonctionne encore quand la cellule est à demi-occultée.

Fixez soigneusement les miroirs, autant que possible concaves ; prévoyez un réglage, qui vous servira si les fondations se déforment.

Si vous craignez un éclairement parasite, abritez la cellule par une bonnette convenable, et choisissez un faisceau serré ; si nécessaire, interposez deux écrans pour infra-rouges ; à la limite, utilisez la lumière modulée.

* * *

En ce qui concerne *la cellule* :

Employez une cellule photo-électrique à gaz, par exemple au césium, pour tous les problèmes courants ; choisissez une cellule photo-conductrice, par exemple au thallium, pour les rayons calorifiques, ou l'infra-rouge sur un assez grand trajet.

Evitez de trop éclairer la cellule, même si elle n'est pas sous tension.

* * *

En ce qui concerne *le relais* :

Si les variations de tension du réseau sont importantes, prévoyez une résistance régulatrice.

Si l'éclairement ou l'occultation dure moins de 1 /5 de seconde, choisissez un relais rapide.

Si la sensibilité doit être bien constante, faites appel à un montage de compensation utilisant soit deux cellules, soit une seule.

Prévoyez dès l'origine la cellule et les lampes de rechange nécessaires.

***

Si vous voulez bien tenir compte des remarques importantes qui précèdent, la cellule photo-électrique constituera pour vous un œil automatique sensible, précis, infatigable. Réservez à l'homme les tâches où son initiative est à tout moment indispensable, confiez au relais photo-électrique le rôle d'*observateur*.

De tous temps, les hommes ont aimé et suivi la lumière. Voici que l'automaticité, après avoir asservi pour vous les autres phénomènes physiques connus, fait appel à son tour au guide des premiers hommes : un faisceau lumineux.

Faites-lui confiance : dans toute usine, une place doit être réservée à ce nouveau serviteur inflexible, dépourvu d'inertie... *immatériel* : *le rayon de lumière.*

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

L'INFLUENCE DE LA LONGUEUR ET DE L'ISOLEMENT DES LIGNES D'ABONNÉS

sur la commutation dans le système Rotary de Paris,

par G. LETELLIER,

ingénieur des Postes et Télégraphes.

Aux termes des cahiers des charges, les centraux automatiques doivent fonctionner dans les conditions suivantes : « La résistance d'un circuit d'abonné, poste compris, ne dépasse pas 1000 ohms et la résistance d'isolement d'une ligne d'abonné mesurée sur un fil est supérieure à 60.000 ohms ».

Des essais ont été effectués en laboratoire et en service courant, en vue d'être renseigné sur les conditions qui sont réellement remplies par le système automatique Rotary de Paris, et de préciser les valeurs exactes des résistances et des résistances d'isolement des lignes d'abonnés à partir desquelles le fonctionnement de ce système n'est plus assuré correctement.

En se plaçant seulement au point de vue de la commutation, les caractéristiques d'une ligne d'abonné interviennent dans les phases suivantes d'une communication établie dans le système Rotary :

1° Appel du bureau central par le décrochage du poste demandeur ;

2° Réception par l'enregistreur des impulsions de numérotation émises par le cadran d'appel ;

3° Envoi de courant d'appel par le bureau central sur la ligne du demandé jusqu'à ce que ce dernier ait répondu ;

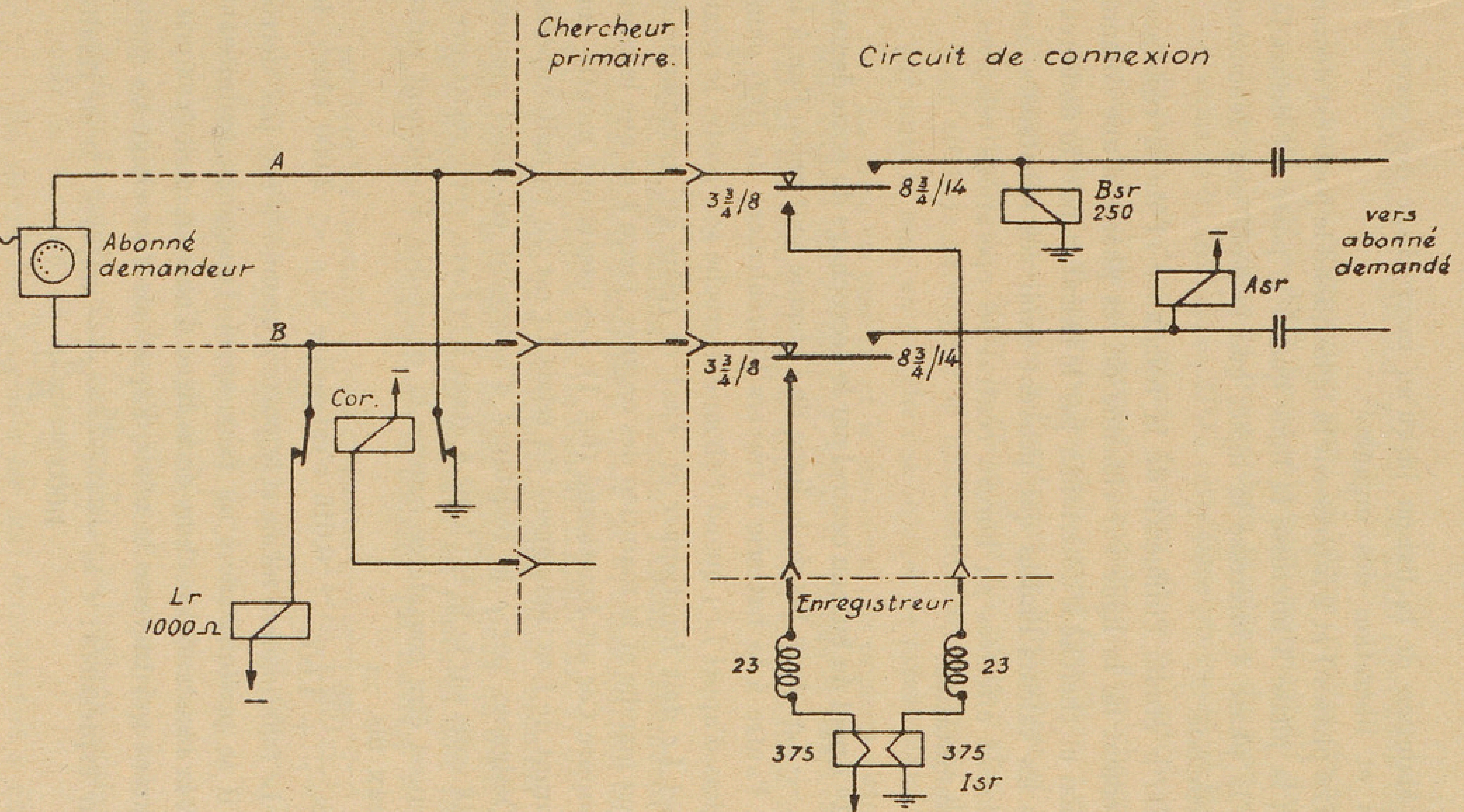

Chercheur primaire.
Circuit de connexion
A
B
Abonné demandeur
Cor.
Lr
1000Ω
3 3/4/8
8 3/4/14
Bsr
250
Asr
vers abonné demandé
Enregistreur
23
375
Isr

Fig. 1.

4° Maintien de la liaison jusqu'au raccrochage des correspondants et libération des organes.

Les phases 1 et 2 intéressent la ligne quand le poste est demandeur ; la phase 3 intéresse la ligne quand le poste est demandé ; enfin la phase 4 intéresse la ligne, que le poste soit demandeur ou demandé.

On a étudié l'influence de la résistance et de la résistance d'isolement de la ligne sur chacune de ces phases d'une communication et cherché à déterminer par le calcul et par de nombreux essais les valeurs limites que peuvent avoir ces résistances, sans que soient affectées au bureau central les opérations relatives à la commutation.

1° Appel du bureau central par le décrochage du poste demandeur. — Les deux fils de la ligne de l'abonné sont reliés l'un à la terre, l'autre à la batterie à travers l'enroulement de 1000 ohms du relais d'appel L*r* ; quand l'abonné décroche son poste, le relais d'appel L*r* doit fonctionner et c'est ce relais qui commande la mise en marche et la maintien des organes, jusqu'à ce que le relais de coupure C*or* ait fonctionné (fig. 1). Les essais ont montré que le courant de fonctionnement du relais L*r* est de 16 milliampères.

Désignons par ρ la résistance d'isolement en ohms mesurée sous 48 volts sur le fil B ; le fil A étant à la terre, cette résistance ρ peut aussi être considérée comme la résistance d'isolement entre les deux fils.

Si $\frac{48}{\rho + 1.000} > 0{,}016$ c'est-à-dire si $\rho < 2.000$ ohms, le relais L*r* fonctionnera même si le poste d'abonné n'est pas décroché ; il se produira alors un faux appel. Désignons maintenant par R la résistance en ohms de la ligne d'abonné, poste compris ; le courant qui traverse le relais d'appel au décrochage du poste a pour expression : $i = \frac{48}{1.000 + \frac{R\rho}{R + \rho}}$ ampères ; il en résulte que le relais d'appel fonctionne si $\frac{R\rho}{R + \rho} < 2.000$ ohms.

Si les valeurs de R sont portées en abscisses et celles de ρ

en ordonnées, l'équation $\frac{R\rho}{R+\rho} = 2.000$ représente une hyperbole dont les asymptotes sont les deux droites rectangulaires $\rho = 2000$ et $R = 2000$. Lorsque le point représentatif des caractéristiques d'une ligne se trouve dans la région du plan située au-dessous de la droite $\rho = 2.000$, cette ligne provoque un faux appel; si le point est dans la région du plan située à l'intérieur de l'hyperbole, les appels ne peuvent se produire au décrochage du poste car le courant qui traverse le relais L*r* est insuffisant ; enfin dans la région du plan située à l'extérieur de l'hyperbole et au-dessus de la droite $\rho = 2000$, le décrochage du poste d'abonné a bien pour effet de provoquer le fonctionnement du relais d'appel et par suite la mise en marche des organes de présélection.

La mise en marche et le maintien des organes automatiques sont assurés par le relais L*r*, jusqu'à ce que le relais de coupure C*or* ait fonctionné ; la ligne appelante est ensuite reliée à un enregistreur.

2° **Numérotation.** — Lorsque l'abonné demandeur compose le numéro qu'il demande, le relais I*sr* de l'enregistreur doit battre en correspondance avec le cadran d'appel (fig. 1) [1].

En premier lieu, le relais I*sr* doit donc retomber à chaque rupture produite par le cadran d'appel. Pour qu'il en soit ainsi, le courant qui le traverse pendant les ruptures doit tomber au-dessous de 7 milliampères ; le courant qui traverse le relais I*sr* pendant les ruptures a pour intensité $\frac{48}{2\,(375 + 23) + \rho}$ ampères ; d'où la condition $\frac{48}{2\,(375 + 23) + \rho} < 0{,}007$ soit $796 + \rho > \frac{48.000}{7}$ c'est-à-dire approximativement $\rho > 6.000$ ohms.

Si donc la résistance d'isolement ρ est inférieure à cette valeur, le relais I*sr* ne retombe pas pendant les ruptures produites par le cadran, le numéro n'est pas enregistré et l'abonné continue à recevoir la tonalité de numérotation.

En second lieu, le relais I*sr* doit être réattiré à chaque fer-

---

1. Voy. *Annales des P.T.T.*, 1929, V, p. 425.

meture produite par le cadran ; les essais effectués avec des cadrans d'appel dont les caractéristiques étaient conformes au cahier des charges et accompagnés d'enregistrements oscillographiques dont des exemplaires sont reproduits sur la figure 5 ont montré que, pour que le relais Isr soit attiré avec sécurité à chaque fermeture produite par le cadran, il est nécessaire et suffisant que le courant qui le traverse, lorsque le cadran est au repos, ait une intensité supérieure à 17 milliampères ; en faisant le même raisonnement que plus haut, on est amené à formuler la condition suivante :

$$\frac{48}{2\,(375 + 23) + \dfrac{R\rho}{R + \rho}} > 0{,}017 \quad \text{ou} \quad \frac{R\rho}{R + \rho} < \frac{48.000}{17} - 796$$

soit approximativement $\dfrac{R\rho}{R + \rho} < 2000$ ohms.

On trouve donc la même condition que pour l'appel, et les essais effectués sur plusieurs lignes reliées à différents bureaux de Paris ont montré en effet que, lorsque les caractéristiques de la ligne sont telles que le relais d'appel Lr fonctionne avec sécurité, le numéro émis sur cette ligne est convenablement enregistré.

Des séries d'essais et des relevés oscillographiques ont également été effectués dans les conditions suivantes :

a) un annonciateur de 1000 ohms, en série avec un condensateur de deux microfarads, est placé en dérivation entre les deux fils de ligne au poste d'abonné ;

b) un voyant réseau de tableau administratif 1 + 2, shunté par un condensateur, est placé en série sur la ligne ;

c) les additions indiquées aux deux cas précédents sont faites simultanément.

Les essais ont montré, qu'avec chacun des trois montages indiqués ci-dessus, les résultats trouvés précédemment n'étaient pas sensiblement modifiés.

Lorsque le numéro demandé a été convenablement enregistré, les diverses sélections automatiques s'effectuent sans qu'intervienne la ligne de l'abonné, si ce n'est pour assurer le maintien des organes dans les conditions examinées au paragraphe 4.

3° Envoi de courant d'appel. — L'envoi du courant d'appel par le bureau central sur la ligne du demandé s'arrête lorsque le relais R*gr* du sélecteur quaternaire est attiré (fig. 2).

Les essais ont montré que, si la résistance d'isolement du fil B auquel est relié le relais R*gr* est inférieure à 4.000 ohms, le courant continu qui traverse le relais R*gr*, lorsque le poste est accroché, est suffisant pour provoquer son attraction et faire cesser l'envoi de courant d'appel, bien que le poste demandé n'ait pas été décroché. Par contre, si la résistance d'isolement est supé-

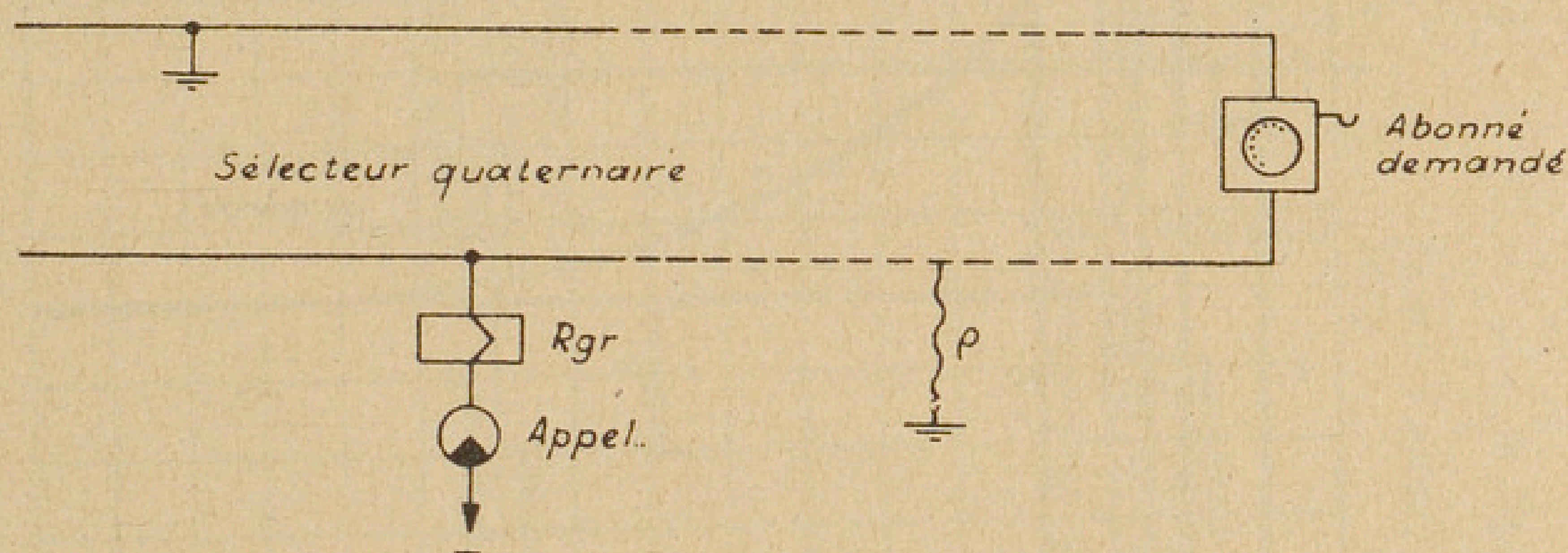


Fig. 2.

rieure à cette valeur, l'appel s'arrête au décrochage, dans tous les cas où la résistance du circuit d'abonné est inférieure à 4.000 ohms.

4° Maintien de la liaison et libération. — La libération des organes automatiques assurant la liaison, à l'exception du sélecteur final, est commandée par le retour au repos des relais A*sr* et B*sr* du circuit de connexion (fig. 1).

Les relais ne peuvent retomber que si l'intensité du courant qui les traverse tombe au-dessous de 6 milliampères. Lorsque le poste demandeur est raccroché, le courant qui traverse le relais A*sr*, qui est à la batterie, a pour intensité $\frac{48}{250 + \rho}$ d'où la condition $\frac{48}{250 + \rho} < 0{,}006$ soit $\rho > 7.750$ ohms.

Si la résistance d'isolement est inférieure à cette valeur, le relais A*sr* ne retombera pas au raccrochage du demandeur et les organes automatiques resteront en prise.

Lorsque le demandeur a raccroché, la libération du sélecteur final ne peut avoir lieu que si son relais *Flr* de 1.000 ohms (fig. 3) est au repos après raccrochage du demandé ; ce relais ne revient au repos que si le courant qui le traverse a une intensité inférieure à 8 milliampères ; d'où la condition $\frac{48}{\rho + 1.000} < 0{,}008$ soit $\rho > 5.000$ ohms ; si la résistance d'isolement du fil B est inférieure à 5.000 ohms, le sélecteur final ne peut être libéré.

Enfin le maintien de la liaison établie est assuré dans tous les cas où le courant qui traverse la ligne du demandeur a une

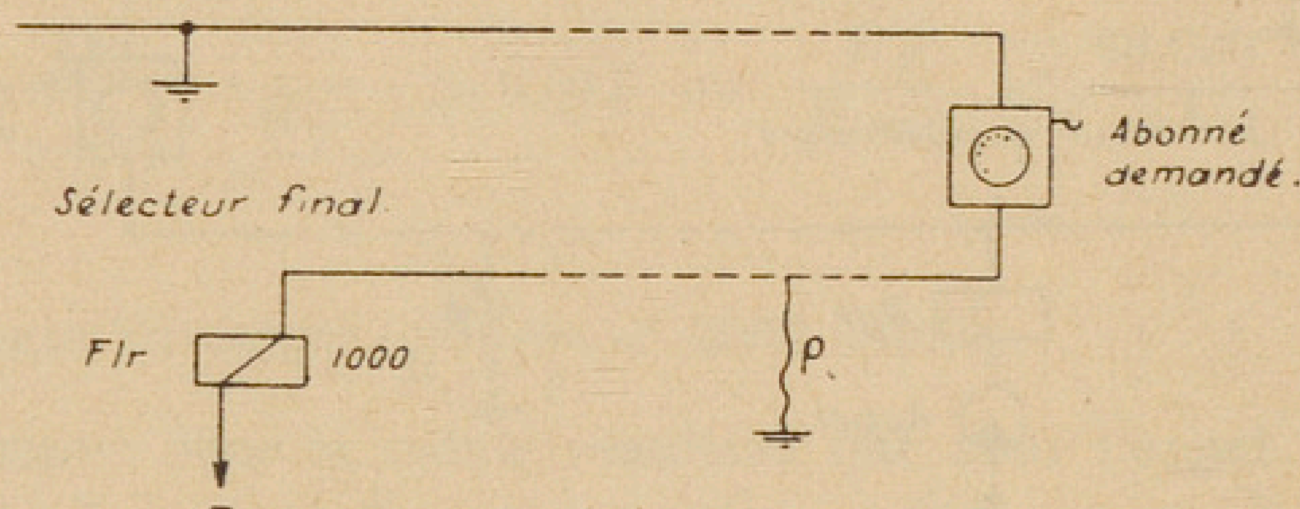


Fig. 3.

intensité supérieure à 7 milliampères, ce qui correspond à une résistance de ligne (poste compris) inférieure à 6.000 ohms.

Conclusions. — Tous les résultats sont exprimés par la figure 4. Les essais ont confirmé un résultat qui, à première vue, peut paraître singulier, à savoir qu'une ligne dont la résistance *R* est quelque peu supérieure à 2.000 ohms ne peut fonctionner si son isolement est parfait, mais que par contre, si une résistance de l'ordre de 10.000 ohms est placée en dérivation entre les deux fils, elle peut encore fonctionner correctement ; par exemple, une ligne de 2.200 ohms ne peut être utilisée si son isolement est parfait ; mais, si une résistance de 10.000 ohms est placée entre les deux fils, toutes les opérations relatives à la commutation redeviennent normales. Ce phénomène s'explique par le fait que le courant de perte sur une telle ligne n'est pas suffisant pour faire venir au travail le relais d'appel L*r* ou le relais I*sr* de l'enregistreur, mais que par contre, il favorise l'attraction du relais L*r* au décro-

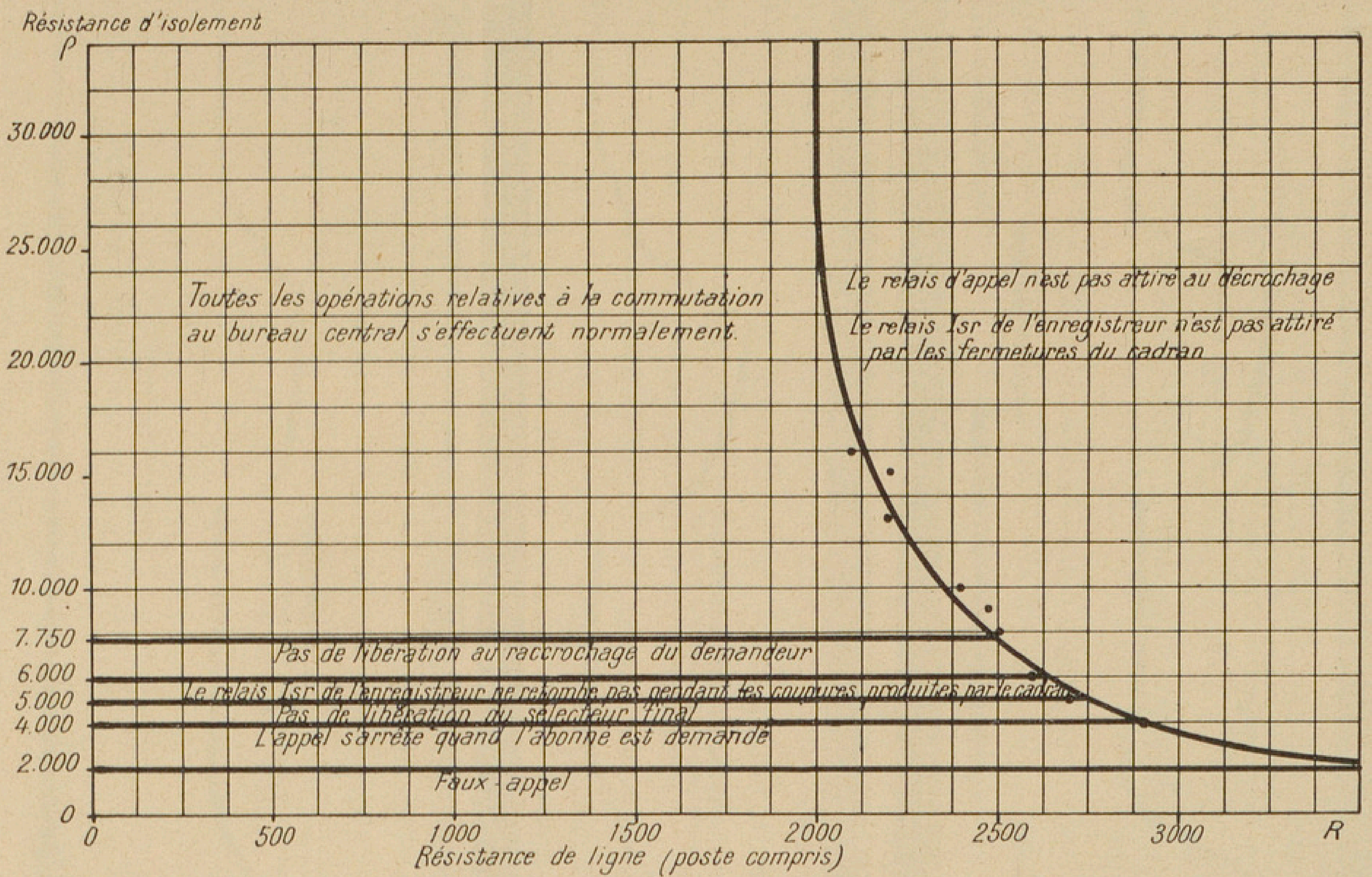

Résistance d'isolement
ρ
30.000
25.000
20.000
15.000
10.000
7.750
6.000
5.000
4.000
2.000
0
Toutes les opérations relatives à la commutation au bureau central s'effectuent normalement.
Le relais d'appel n'est pas attiré au décrochage
Le relais Isr de l'enregistreur n'est pas attiré par les fermetures du cadran
Pas de libération au raccrochage du demandeur
Le relais Isr de l'enregistreur ne retombe pas pendant les coupures produites par le cadran
Pas de libération du sélecteur final
L'appel s'arrête quand l'abonné est demandé
Faux - appel
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
R
Résistance de ligne (poste compris)

Fig. 4.

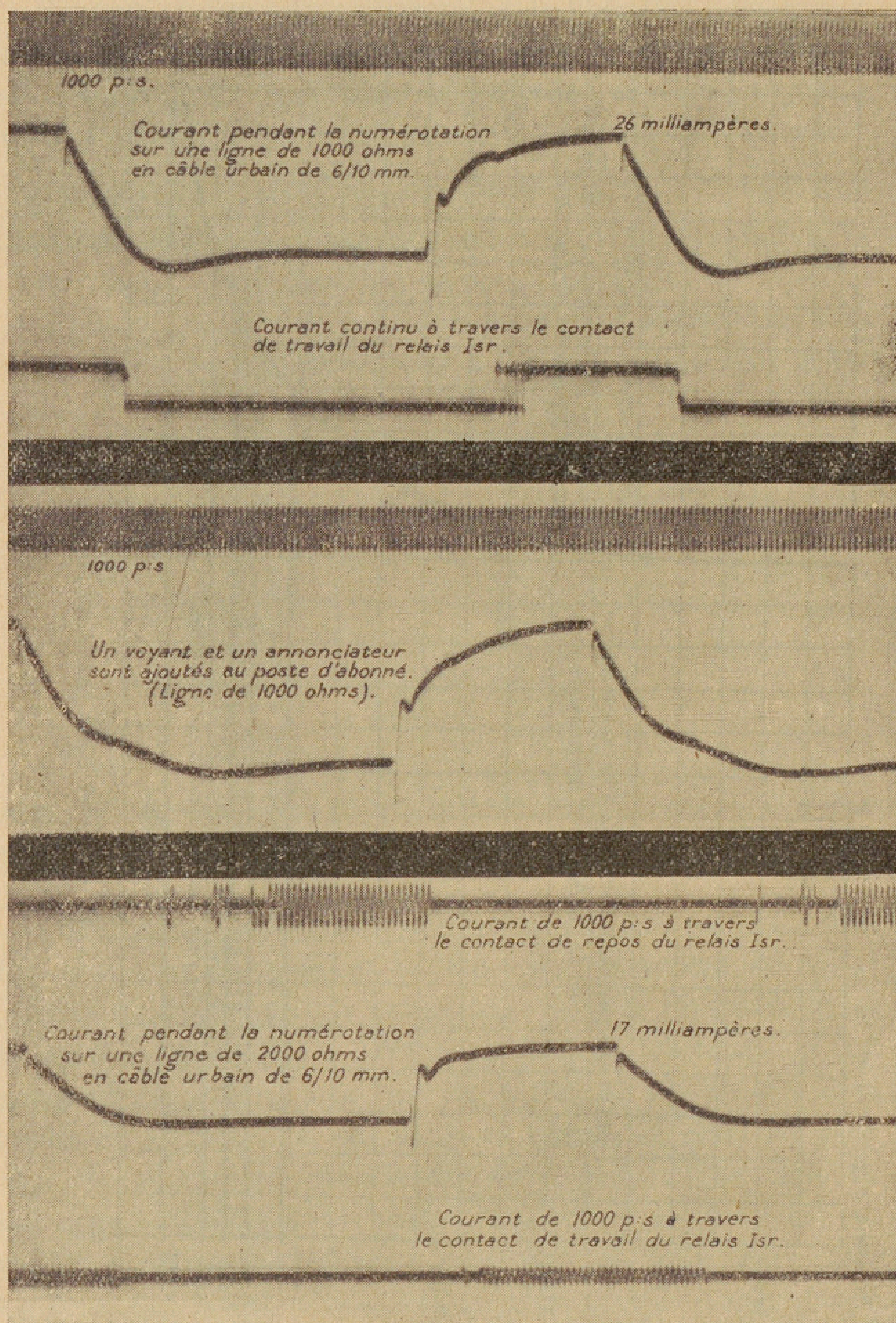

1000 p:s.
Courant pendant la numérotation
sur une ligne de 1000 ohms
en câble urbain de 6/10 mm.
26 milliampères.
Courant continu à travers le contact
de travail du relais Isr.
1000 p:s
Un voyant et un annonciateur
sont ajoutés au poste d'abonné.
(Ligne de 1000 ohms).
Courant de 1000 p:s à travers
le contact de repos du relais Isr.
Courant pendant la numérotation
sur une ligne de 2000 ohms
en câble urbain de 6/10 mm.
17 milliampères.
Courant de 1000 p:s à travers
le contact de travail du relais Isr.

Fig. 5.

chage du poste, et du relais Isr pendant les fermetures produites par le cadran. Ce résultat pourrait être utilisé pratiquement, s'il s'agissait de numéroter sur des lignes extrêmement longues ; il y aurait alors intérêt à placer entre les deux fils de ligne à leur entrée dans l'enregistreur une résistance de 8.000 à 10.000 ohms.

Comme conclusion importante à tirer de cette étude on peut affirmer que, tant que la résistance d'une ligne (poste compris) reste inférieure à 2.000 ohms, et que sa résistance d'isolement est supérieure à environ 10.000 ohms, toutes les opérations relatives à la commutation s'effectuent normalement dans le système de téléphonie automatique Rotary utilisé à Paris ; si l'isolement de la ligne tombe au-dessous de 10.000 ohms, le premier défaut susceptible d'apparaître est l'absence de libération, lorsque le poste raccroche après avoir demandé une communication. Ces résultats montrent l'efficacité du dispositif décrit dans les *Annales des P.T.T.* de mai 1929 (p. 426), qui permet de recevoir correctement des impulsions même tronquées et affaiblies.

Les conditions que doivent remplir les lignes d'abonnés, pour que s'effectuent correctement toutes les opérations relatives à la commutation dans le système Rotary utilisé à Paris, sont donc moins sévères que celles qui sont nécessaires en vue d'assurer des conversations satisfaisantes au point de vue téléphonométrique et en particulier un courant d'alimentation d'intensité suffisante pour les postes 1924 du type administratif qui sont utilisés.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Expériences de captation de l'électricité atmosphérique (R. Parodi, *L'Elettrotecnica,* 15 avril 1934, volume XXI, p. 244).

L'auteur expose les résultats d'expériences faites à l'Observatoire Royal Météorique et Sismique d'Impéria pour tirer d'appréciables courants électriques, de l'électricité disséminée dans l'atmosphère.

Définition du problème. — On sait que, dans les nuages, surtout s'ils sont orageux, et dans l'atmosphère même, selon qu'elle est plus ou moins ionisée, ainsi que dans la vapeur d'eau qu'elle contient, se trouve disséminée une quantité innombrable de charges électriques et une énergie considérable.

Le problème qui consiste à capter une minime partie de cette énergie suffisante pour un emploi industriel quelconque, même peu important, est un des plus attrayants et des plus souvent abordés de la physique terrestre, sans que jamais cependant, l'on ait trouvé une solution adéquate et satisfaisante, en sorte qu'on pouvait le croire insoluble.

Ce n'est donc pas sans hésitation que je me prépare à relater la réussite d'une série d'expériences, aboutissant à une solution possible et concrète du problème posé et faites au moyen de capacités notables convenablement disposées, en août et septembre dernier, à l'Observatoire Royal Météorique et Sismique d'Impéria.

Les résultats, comme il ressortira de la succincte relation suivante, encouragent à persévérer dans la tentative entreprise.

Le dispositif et son fonctionnement. — Je passe immédiatement à la description du dispositif expérimental que j'ai adopté, renvoyant le lecteur à la figure 1.

Dans une chambre bien sèche et bien aérée, si possible à une altitude élevée, est montée une batterie de condensateurs C groupés en

parallèle, de capacité notable, sur des supports de verre et d'ébonite enduits de paraffine ayant un très grand pouvoir isolant.

Un des pôles de la batterie est mis en communication avec la terre T par un fil conducteur *g* ; tandis que l'autre pôle, par un conduc-

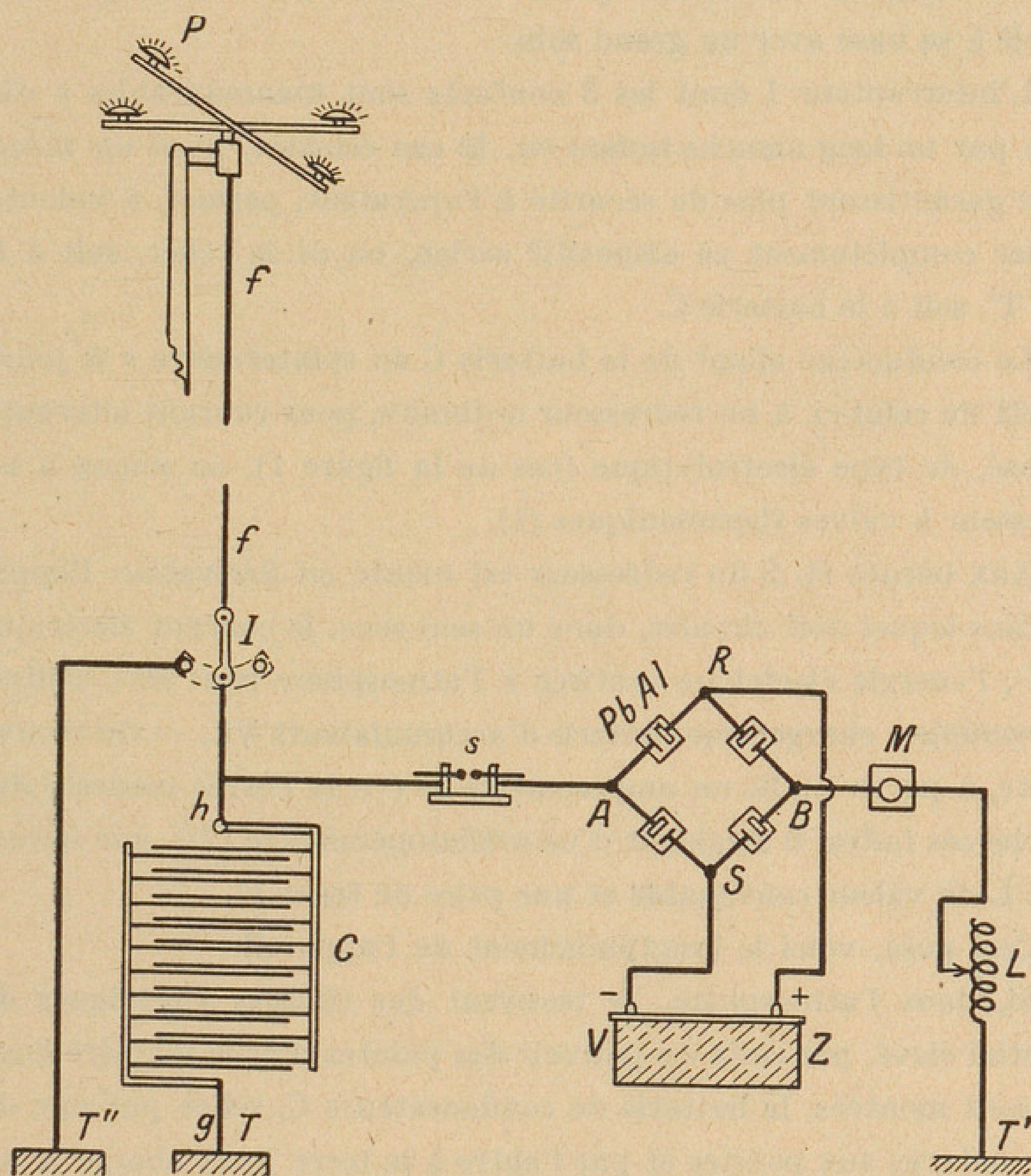


Fig. 1.

teur *h*, est relié au bouton d'un interrupteur de sécurité I ainsi qu'à l'une des petites sphères du spintermètre *s*. — La distance entre ces sphères est réglable et indiquée en millimètres par un curseur mobile isolant sur le support du spintermètre.

De la partie supérieure de l'interrupteur I part un long fil conducteur *f* très bien isolé qui, sortant de l'enceinte, monte au sommet le plus élevé de l'édifice où on le connecte avec un système de nom-

breuses « pointes de dispersion » P en cuivre, fixées à un certain nombre de calottes également en cuivre, et reliées entre elles par des bras métalliques horizontaux.

Cet ensemble de pointes est monté au sommet d'un mât vertical en bois, enduit sur toute sa longueur d'une épaisse couche de paraffine et isolé à sa base avec un grand soin.

L'interrupteur I dont les 3 contacts sont manœuvrables à distance par un long manche isolant ou, le cas échéant, avec un mécanisme garantissant plus de sécurité à l'opérateur, permet, à volonté, d'isoler complètement ce dispositif aérien, ou de le relier, soit à la terre T', soit à la batterie C.

Le conducteur allant de la batterie C au spintermètre *s* se joint, au-delà de celui-ci, à un redresseur ordinaire, pour courant alternatif diphasé, de type électrolytique (cas de la figure 1), ou mieux à un redresseur à valves thermioniques (1).

Aux bornes R, S du redresseur est monté en dérivation l'appareil dans lequel doit circuler, dans un seul sens, le courant électrique capté ; l'énergie électrique soutirée à l'atmosphère peut être utilisée par exemple à charger une batterie d'accumulateurs VZ. — On trouve ensuite, à partir de B, un ampèremètre M (vu la portée modeste des expériences faites, il s'agissait d'un milliampèremètre (2)), une inductance L de valeur convenable et une prise de terre *T'*.

Ceci posé, voici le fonctionnement de l'appareil.

Si, dans l'atmosphère, se trouvent des charges électriques de potentiel élevé, par suite du pouvoir des pointes et de la manière dont elles sont montées, la batterie de condensateurs *C*, reliée par une de ses armatures aux pointes et par l'autre à la terre T, se charge à un potentiel *V* qui va en croissant ; quand ce potentiel est suffisant, il se

1. Les pointes P (et par conséquent, la charge des condensateurs C) prennent pendant une certaine période de la captation pouvant atteindre plusieurs heures, un potentiel de même signe ; dans les périodes qui suivent, le potentiel peut s'inverser, à moins que l'on n'y remédie à chaque période avec un commutateur approprié (d'où la nécessité d'intercaler un redresseur dans un circuit de ce genre).

Un redresseur thermionique conviendrait mieux pour le but cherché, mais le redresseur électrolytique (plaques de plomb et d'aluminium dans une solution de carbonate sodique) a pu néanmoins, au cours de mes expériences, fonctionner à mon gré, grâce à la lente inversion de la polarité.

2. Weston : sensibilité 0,5 mA ; résistance intérieure 18 Ω.

produit une étincelle entre les 2 sphères du spintermètre *s*, ce qui provoque la décharge de la batterie des condensateurs *C* vers la terre *T'* à travers le redresseur ; le passage de la décharge détermine dans ce circuit un courant électrique d'une durée très brève.

Si les décharges sont assez nombreuses par unité de temps (ce qui fut le cas dans les expériences entreprises), et si la capacité de la batterie C est suffisante, l'intensité moyenne de ce courant indiquée par l'ampèremètre M pourra produire des effets appréciables.

L'inductance *L* empêche par sa présence le passage éventuel de courants à haute fréquence dans le circuit d'utilisation (1).

Résultats obtenus. — J'ai dirigé des expériences à l'Observatoire Royal météorique et sismique d'Impéria dans la période d'août-septembre 1933, c'est-à-dire dans une période où l'activité électrique de la troposphère est des plus réduites.

200 pointes de dispersion P fixées sur quatre calottes en cuivre, furent installées au sommet de la tour de l'édifice au bout d'un mât de 7 mètres, de manière à baigner dans un air libre et bien dégagé.

Des pointes P à la batterie C, la distance verticale était de 35 mètres. La batterie de condensateurs était formée de 10 fortes plaques de verre, sur les faces desquelles étaient collées des armatures de papier d'étain de 40 × 50 cm. La capacité totale s'élevait à 0,04 microfarad (4.10^{-8} farad).

Au cours des expériences, faites tous les jours, on a pu déterminer comme valeur maximum du courant :

49 milliampères par temps orageux pendant les 17 premières minutes.

7 milliampères par ciel serein pendant les 35 premières minutes.

Dans les conditions les plus favorables des essais, l'intensité se maintint à 0,05 ampère pendant un bon quart d'heure.

La distance des 2 sphères du spintermètre permettait l'amorçage des étincelles sous une différence de potentiel de 10.000 volts environ; il est facile d'en déduire le nombre de décharges subies par la batterie C pendant l'unité de temps.

---

1. La résistance totale du circuit de décharge des condensateurs est d'environ 25 Ω ; l'inductance d'environ 20 microhenrys. Le circuit ne peut donc être le siège d'oscillations propres.

On peut admettre que ce potentiel est celui que possède la charge maximum répartie sur les armatures des condensateurs au moment qui précède la décharge.

Cette charge maximum est : $Q = 4.10^{-8}$ (farad) $\times$ 10^4 (volt) $=$ 4.10^{-4} coulomb.

Désignons par n le nombre de décharge par seconde ; l'intensité du courant est :

$$0{,}05 \text{ (Ampère)} = n \times 4.10^{-4} ;$$

d'où $$n = 125 \text{ environ.}$$

Avec une capacité 100 fois plus forte que celle que j'ai employée (ce qui est dans le domaine des possibilités), on pourrait, dans les meilleures conditions, obtenir des courants de 5 ampères et des milliers de volts, déjà susceptibles d'être utilisés à des fins scientifiques ou industrielles.

En terminant le présent exposé, je me fais un devoir d'exprimer au Directeur de l'Observatoire d'Impéria, M. le Professeur Carlo Gentile, mes remerciements pour l'hospitalité courtoise et pour l'aide et les moyens qu'il m'a accordés en vue de la présente étude (Gênes, octobre 1933).

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

780.447. Installation télégraphique fonctionnant en double courant (Nationale Telephon-und Telegraphenwerke, Allemagne).

45.011. Appareil télégraphique arythmique imprimant transmetteur ou récepteur (Ateliers L. Doignon, anciens ateliers Froment, France, Seine). — (4^e addition au brevet n° 747.778.)

Téléphonie.

778.607. Installation téléphonique dans laquelle un émetteur commun à plusieurs postes d'abonnés peut transmettre des messages à haute fréquence (Société C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

L'invention a pour objet une installation téléphonique dans laquelle un émetteur commun à un grand nombre de postes d'abonnés peut transmettre des messages à haute fréquence, cette installation étant remarquable, notamment par les caractéristiques suivantes, considérées séparément ou en combinaison :

a) Elle comporte des postes qui ne profitent pas du service téléphonique mais qui sont reliés à une ligne téléphonique à l'aide de lignes dans lesquelles les basses fréquences sont bloquées et qui permettent de ne recevoir que la haute fréquence.

b) Les postes prévus pour recevoir la haute fréquence comportent un détecteur qui, à l'aide d'un relais à grande sensibilité, effectue la mise en circuit de l'appareil de réception à haute fréquence.

779.146. Perfectionnements apportés aux microphones téléphoniques (Siemens Brothers and Co Ltd, Angleterre).

779.397. Perfectionnement apporté à la téléphonie (Le Téléphone Privé national, France, Seine).

779.398. Perfectionnement à la téléphonie (Le Téléphone Privé national, France, Seine).

779.425. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs (Siemens et Halske A.G. Allemagne).

779.426. Dispositif de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs (Siemens et Halske A.G. Allemagne).

779.427. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

779.428. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

779.429. Dispositif pour l'enregistrement de signaux qui sont donnés, au moyen du disque ou cadran à chiffres ou autres organes de signalisation analogues, dans les installations téléphoniques, automatiques de préférence (M. Egon Zoller, Suisse).

779.504. Ecouteur téléphonique (Etablissements Lailler, Pecquet et C^ie^, France, Seine).

779.530. Perfectionnements se rapportant aux circuits de répéteurs pour systèmes de transmission de signaux (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

779.660. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques ou systèmes analogues (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

780.465. Perfectionnements aux appareils téléphoniques à prépayement ou à comptage (Compagnie des Téléphones Thomson-Houston, France, Seine).

780.629. Machine automatique pour l'enregistrement des appels et le contrôle des comptages sur une ligne d'abonné d'un bureau téléphonique automatique (M. Robert-François Girard, France, Seine-Inférieure).

44.931. Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques, notamment à ceux des bureaux téléphoniques auxiliaires reliés respectivement par une ligne à un bureau téléphonique central (M. Chauveau (Louis-Lucien-Eugène), France, Seine). — (3^e^ addition au Brevet n° 644.822).

44.932. Dispositif de connexion multiple pour installations téléphoniques avec sélecteurs et lignes répartis en groupes (M. Friedrich Merk et Société dite : H. Fuld & C° Telephon-und Telegraphen-Werke A.G., Allemagne). — (1^re^ addition au Brevet n° 750.800).

Transmission des images.

779.340. Perfectionnements aux amplificateurs de courants photo-électriques (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

779.524. Procédé de synchronisation pour télévision (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

779.533. Procédé de synchronisation pour la réception de télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

779.566. Dispositif de sécurité pour tubes de télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

779.724. Tubes photoélectriques (Radio corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

779.741. Tube à rayons cathodiques, spécialement destiné à la télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

779.762. Dispositif multiplicateur d'électrons (Television Laboratories Ltd, Etats-Unis d'Amérique).

780.603. Transformateur à haute fréquence, particulièrement destiné à la télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

44.714. Perfectionnements aux systèmes optiques d'analyse et de reconstitution de télévision, télécinéma, téléimpression, etc... (Compagnie pour la fabrication des compteurs et Matériel d'Usines à gaz, France, Seine). — (5^{e} addition au Brevet n° 721.634).

44.992. Tube à rayons cathodiques, particulièrement pour la télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne). — (1re addition au Brevet n° 773.711).

Radiocommunications.

779.471. Perfectionnement aux systèmes de radiodiffusion par courants porteurs sur fils (MM. Carpenter (Rupert, Evan, Howard) et Eckersley (Peter, Pendleton), Angleterre).

779.523. Perfectionnements aux émetteurs à haute fréquence modulée (Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd., Angleterre).

779.606. Perfectionnements aux appareils à signaux radio-électriques (The Mullard Radio Valve C° Ltd, Angleterre).

779.696. Perfectionnements aux systèmes de communication électriques, par courant porteur modulé, notamment pour communications téléphoniques dans les trains (Compagnie générale de Signalisation, France, Seine).

780.401. Dispositif de commande plus particulièrement destiné aux organes de syntonisation d'appareils récepteurs de T.S.F. (N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

780.455. Dispositif d'accord silencieux pour radio-récepteur (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

780.526. Perfectionnements dans la réception homodyne (Compagnie générale de Télégraphie sans fil, France, Seine).

780.552. Appareil automatique de sélection des signaux radioélectriques genre Morse (M. Gustave Niel, France, Seine-Inférieure).

780.556. Procédé de réception d'ondes radioélectriques (Inventeurs : MM. Bastide et Duzea) (société Sonora Radio, S.A., France, Seine).

780.598. Anti-parasites pour radiophonie (M. Blanc (Jean-Louis), France, Bouches-du-Rhône).

780.661. Perfectionnements aux appareils de T.S.F. (M. Émile Devienne, France, Rhône).

44.796. Système de modulation (M. Karl Schuchter, Autriche). — (2^{e} addition au Brevet n° 756.957).

44.971. Perfectionnements aux systèmes de radiogoniométrie et

de guidage automatique (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine). — (1re addition au brevet n° 763.162).

Divers.

779.939. Perfectionnements aux dispositifs de télécommande. (Invention J. Fallou) (Compagnie pour la Fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

779.955. Procédé permettant la transformation d'un courant de haute fréquence modulé en basse fréquence en impulsions très brèves de courant et particulièrement applicable aux radiogoniomètres à lecture directe et à la télémesure (MM. Alexandre Bertrand et Maurice Parisier, France, Seine).

780.590. Installation de télécommande et de signalisation en retour (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

781.279. Oscillateur à atmosphère gazeuse (The General Electric Company Ltd, Angleterre).

Le Gérant :
Henri Dévé.

EVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 12-7-35.

CONSTRUCTION DES CONDUITES MULTIPLES.

Essais effectués pour la comparaison du système de construction en dalles enrobées et du système dit « monolithe »

par Jean MAILLEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes
et Jacques CHAMBOLLE, ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les conduites multiples construites actuellement en France sont ordinairement constituées par des empilages de dalles en béton, établies sur radier avec enrobement périphérique en béton.

Depuis quelques années, l'Administration des P. T. T. utilise toutefois, concurremment avec le procédé précédent, le mode de construction en conduites sans joints dit « monolithe » décrit antérieurement dans les Annales des P.T.T. (1).

Des essais ont été effectués récemment en vue de préciser les qualités respectives de ces deux modes de construction.

Les études entreprises ont permis de dégager des conclusions intéressantes pour l'amélioration des procédés de construction et l'abaissement des prix de revient.

***

Des essais ont été entrepris en 1934 en vue de comparer les modes de construction suivants des conduites multiples :

a) construction en dalles de béton posées sur un radier et enrobées de béton ;

b) construction « monolithe ».

Qualités des canalisations multiples.

Les principales qualités techniques qui déterminent la valeur d'une conduite multiple sont les suivantes :

---

1. L'emploi des conduites monolithes pour les canalisations téléphoniques souterraines, par M. Larré, ingénieur des P.T.T., *Annales des P.T.T.*, 1930, p. 25.

Expérience d'un nouveau procédé de construction des conduites multitubulaires sans joint, par MM. Moine et Daumard, ingénieurs des P.T.T., *Annales des P.T.T.*, 1931, p. 173.

1o Calibrage des alvéoles. — Le diamètre des alvéoles d'une conduite multiple est conditionné par celui des câbles qu'elle est destinée à recevoir. Le diamètre nécessaire est celui de l'amarrage du câble, majoré de quelques millimètres afin de tenir compte des irrégularités de construction inévitables dans les deux systèmes.

Les dalles par elles-mêmes assurent aux alvéoles une section parfaitement circulaire à diamètre rigoureusement constant tout le long de la section (sous la réserve d'une légère conicité due à la forme des mandrins de moulage). Par contre elles présentent à chaque joint, c'est-à-dire tous les mètres, un défaut dû à l'imprécision des emboîtages.

Dans les conduites monolithes la difficulté due aux joints disparaît mais par contre le moulage étant fait autour de tuyaux de caoutchouc gonflés d'eau, on conçoit que la forme circulaire des alvéoles peut bien n'être qu'approximative pour peu que la pression à l'intérieur de ces tuyaux soit insuffisante (1).

Dans les deux cas, il est intéressant d'étudier les avantages et les inconvénients que présentent les différents enduits dont jusqu'à présent il a été d'usage de tapisser l'intérieur des alvéoles.

2o Etanchéité. — La construction de conduites multiples rigoureusement étanches est un problème difficile dont la solution ne peut être obtenue que moyennant des dépenses élevées, généralement prohibitives. A supposer même le problème entièrement résolu à la construction, on ne pourrait absolument compter sur le maintien de l'étanchéité complète pendant toute la durée de l'exploitation de l'ouvrage, par suite des fissures qui résulteraient de diverses causes et notamment des mouvements du sol de fondation par suite des travaux souterrains en sous-œuvre ou à proximité.

On peut pratiquement considérer différents degrés d'étanchéité d'une canalisation de câbles.

---

1. Voy. *Annales des P.T.T.*, janvier 1934. — Note de M. J. Chambolle, ingénieur des P.T.T., sur la forme des alvéoles dans le système Cravetto.

a) Une étanchéité grossière au sable et aux gravois qui pourraient envahir la canalisation par suite de joints mal emboîtés ou brisés.

b) Une étanchéité aux racines. — Les radicelles s'insinuent dans les joints, fentes et fissures même très étroites des canalisations humides et peuvent s'y développer d'une façon telle qu'au bout de quelques mois, elles constituent dans ces alvéoles des bourrages dont l'extraction est ensuite très difficile, ou même parfois impossible. Lorsque l'envahissement de l'alvéole se produit postérieurement au tirage du câble, celui-ci reste emprisonné et tout espoir de l'extraire un jour disparaît.

c) Une étanchéité à la vase qui, s'infiltrant dans la canalisation par les joints ou fentes, peut former des dépôts rendant difficile ou impossible le tirage des câbles ou nécessitant le nettoyage préliminaire des alvéoles.

d) Une étanchéité à l'eau. — Cette étanchéité peut s'améliorer avec le temps par suite du colmatage progressif du béton.

e) Une étanchéité aux gaz. — Cette étanchéité, qui est la plus difficile à obtenir, permettrait de parer aux infiltrations de gaz d'éclairage dans l'ouvrage par suite de fuites sur des conduites de gaz voisines.

Une canalisation multiple sera d'autant plus satisfaisante qu'elle présentera à la construction une étanchéité relative meilleure.

3° **Résistance mécanique.** — Les canalisations multiples convenablement construites présentent toujours une résistance à l'écrasement supérieure aux besoins.

Il n'en est pas de même de la résistance des conduites à la flexion. Cette résistance, qu'il importe d'accroître le plus possible, a pour but de prémunir l'ouvrage contre des dislocations et des fissures qui pourraient se produire pendant la période d'exploitation, par suite de mouvements du sol ou de travaux en sous-œuvre mettant la canalisation en porte à faux ou la rétablissant sur un mauvais sol de fondation.

Il convient enfin que les canalisations présentent une résistance suffisante à la perforation pour prévenir les dégradations de l'ouvrage consécutives à des enfoncements de fiches ou à des coups de pioche malencontreux.

***

Nature des essais effectués. — Les essais effectués furent en conséquence les suivants :

1° Essai de calibrage.

2° Essai d'étanchéité à l'eau.

3° Essai d'étanchéité aux gaz.

4° Essai de résistance à la flexion.

5° Essai de résistance à la perforation.

Les expériences eurent lieu sur des canalisations d'expérience, construites spécialement à Aubervilliers sur le terrain du Dépôt des câbles de la Direction des Services Téléphoniques de Paris et furent poursuivies sur des canalisations en exploitation à Marseille.

***

Essais sur des canalisations d'expérience.

Les blocs d'expérience construits à Aubervilliers avaient la disposition indiquée sur la figure 1.

Ils comportaient des éléments à 4 trous de 10 cm, établis sur radier non armé de 10 cm de hauteur et des éléments à 12 trous sur radier armé de 15 cm.

Pour chacun de ces types, 2 éléments de 2 m devaient permettre les essais de résistance mécanique à la perforation.

Un troisième élément de 7 mètres de long devait permettre les essais de calibrage, d'étanchéité et de résistance à la flexion. Cet élément reposait sur 2 murettes de briques espacées de 3 m et permettait un essai de résistance à la flexion par rupture sous des surcharges constituées par des lingots de plomb.

Les blocs d'essais furent établis suivant les dimensions et compositions spécifiées habituellement par les Services Techniques de l'Administration et furent construits d'après les procédés utilisés habituellement par des entrepreneurs spécialisés dans ce genre de travaux.

Afin de permettre des études de variations des différentes

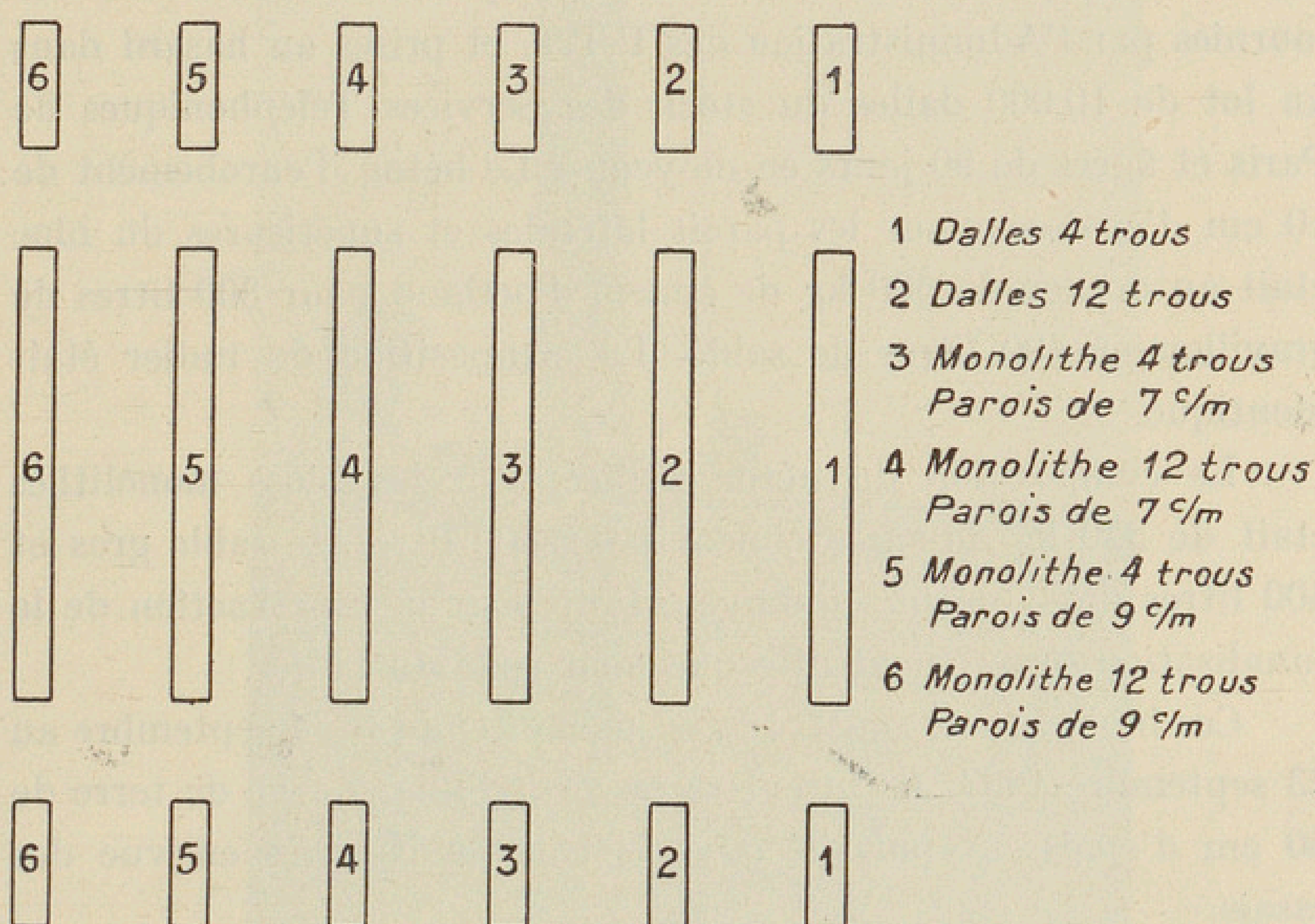


Fig. 1.

qualités en fonction des épaisseurs de parois, chaque bloc monolithe fut construit en deux exemplaires avec des épaisseurs latérales de parois de 7 cm et de 9 cm.

On se trouvait ainsi en présence de 18 blocs, à savoir :

2 blocs	de 2 m	et 1	bloc	de 7 m	de canalisation	en dalles à 4 trous de 10
2	—	2 m	1 —	7 m	—	— 12 — 10
2	—	2 m	1 —	7 m	—	monolithe à 4 trous et à parois latérales de 7 cm
2	—	2 m	1 —	7 m	—	monolithe à 12 trous et à parois latérales de 7 cm

2 blocs de 2 m et 1 bloc de 7 m de canalisation monolithe à 4 trous et à parois latérales de 9 cm
2 — 2 m 1 — 7 m — monolithe à 12 trous et à parois latérales de 9 cm

Les conditions de constructions de ces canalisations ont été, comme nous l'avons dit, aussi conformes que possible à la pratique courante afin d'obtenir des résultats moyens : les dalles ont été fournies par l'Administration des P.T.T. et prises au hasard dans un lot de 10.000 dalles du stock des Services Téléphoniques de Paris et âgées de 90 jours en moyenne. Le béton d'enrobement de 10 cm d'épaisseur sur les parois latérales et supérieures du bloc était au dosage de 300 kg de ciment Portland pour 800 litres de gravillon et 400 litres de sable. La composition du radier était identique.

La composition du béton utilisé pour les blocs monolithes était de 350 kg de super-ciment pour 800 litres de sable gros et 400 litres de sable fin et moyen, tant pour la construction de la canalisation proprement dite que pour celle du radier.

Ces blocs furent construits en même temps du 4 septembre au 23 septembre 1933. Ils furent recouverts d'une couche de terre de 60 cm d'épaisseur puis découverts trois mois après en vue des essais.

Pour plus de commodité, les essais seront reportés dans leur ordre chronologique. Les essais de résistance mécanique ont été réalisés en dernier, leur réalisation devant entraîner la mise hors service des blocs.

1. Essais de calibrage. — Les éléments de canalisation très courts et en alignement droit, construits à Aubervilliers, ne permettaient pas de dégager des conclusions pratiques sur le calibrage des alvéoles. Nous verrons dans la suite, dans les essais sur canalisations en exploitation, les résultats qui peuvent être retenus.

2. Essais d'étanchéité. — La méthode adoptée, tant pour les essais à l'air que pour les essais à l'eau, consistait à envoyer le

fluide sous pression à l'intérieur d'une alvéole préalablement obturée à ses deux extrémités. La vitesse avec laquelle le fluide s'écoulait à travers la paroi donnait une mesure de la perméabilité

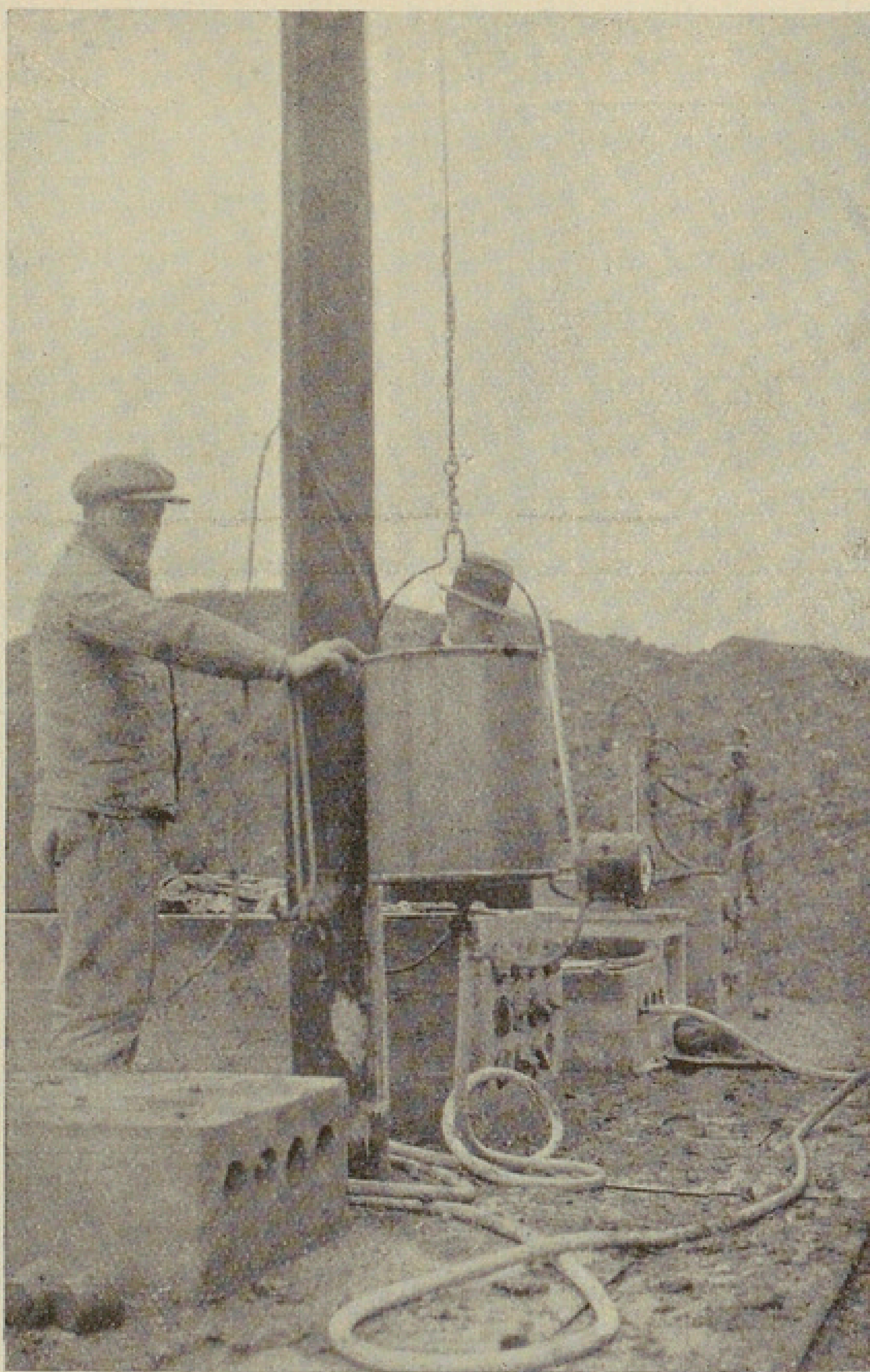


Fig. 2. — Essai d'étanchéité à l'eau. — Disposition du réservoir.

de cette paroi, pour la pression considérée et son inverse une mesure de l'étanchéité.

Obturation des alvéoles. — Les bouchons d'obturation se composent d'un cylindre de caoutchouc d'un diamètre inférieur de quelques millimètres à celui des alvéoles, long de 20 cm environ, portant un axe d'acier fileté, lui-même muni de deux écrous per-

mettant de comprimer par serrage la masse de caoutchouc. Celle-ci, se déformant, venait obturer complètement l'orifice de l'alvéole.

Trois types de bouchons avaient été prévus :

1° *Bouchon d'entrée* à axe creux de 10 mm de diamètre intérieur.

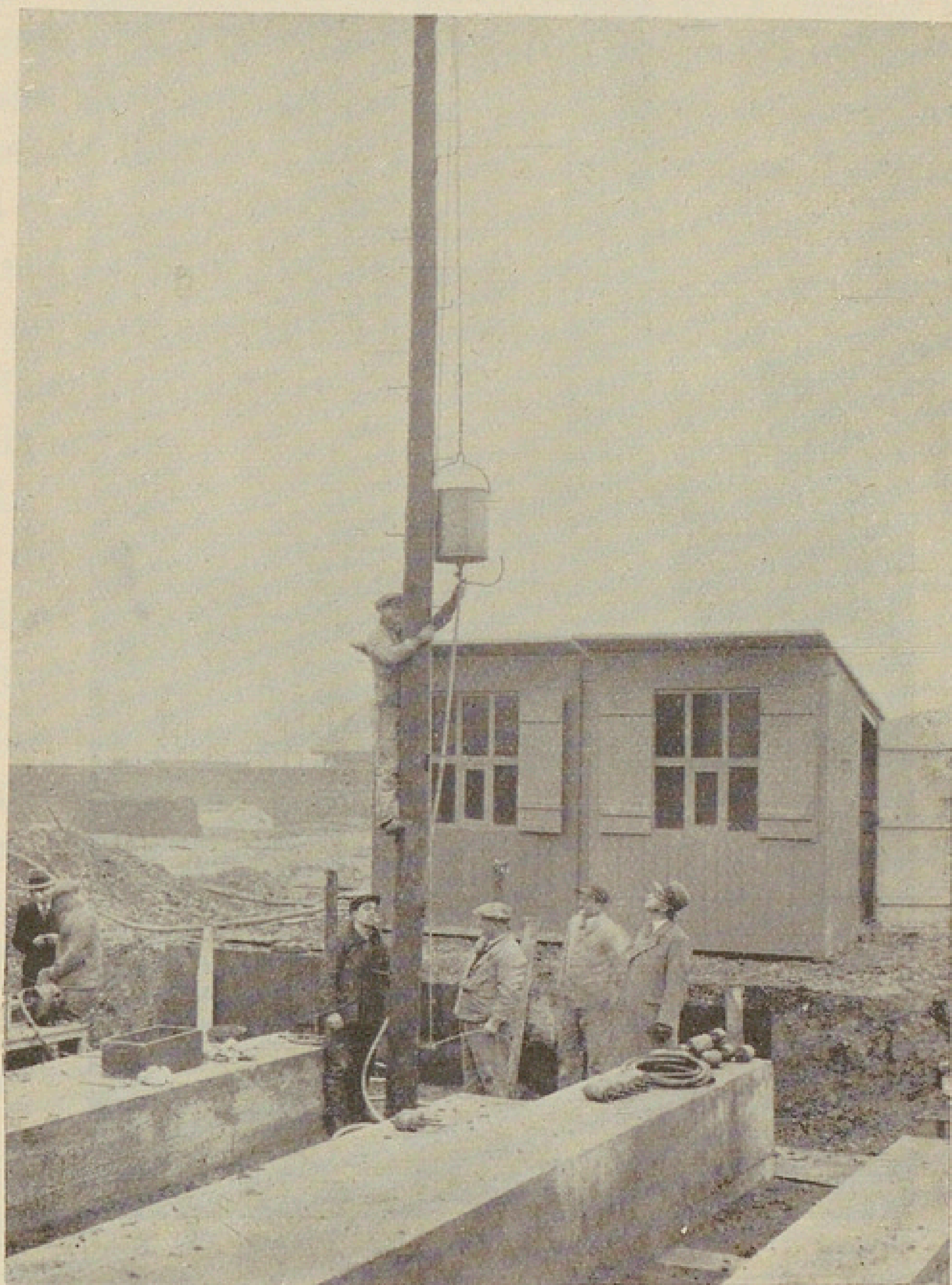


Fig. 3. — Essai d'étanchéité à l'eau. — Montage du réservoir.

2° *Bouchon de sortie* à axe creux de 5 mm de diamètre intérieur. Ce bouchon porteur d'un robinet de purge était placé à l'extrémité de l'alvéole essayée.

3° *Bouchon d'obturation des alvéoles non soumises à l'essai* à axe plein. Ce bouchon fabriqué à 22 exemplaires permettait l'obtu-

ration complète d'un bloc de 12 trous et la mesure de l'étanchéité de l'ensemble des vides par rapport à l'extérieur.

Essais d'étanchéité à l'eau. — Le bouchon d'entrée était relié par l'intermédiaire d'un tuyau de caoutchouc, long de 15 m, à un réservoir métallique cylindrique, d'une contenance de 50 litres. Ce réservoir était suspendu à une poulie placée à 10 m au-dessus du niveau supérieur des alvéoles au sommet d'un poteau télégraphique planté au voisinage des canalisations d'essais (fig. 2 et 3).

En déplaçant le réservoir le long du poteau télégraphique et en mesurant la rapidité avec laquelle l'eau de ce récipient s'écoule à travers le bloc malgré l'obturation des deux extrêmités de l'alvéole, on obtenait l'étanchéité du bloc à l'eau sous une pression allant jusqu'à 900 grammes.

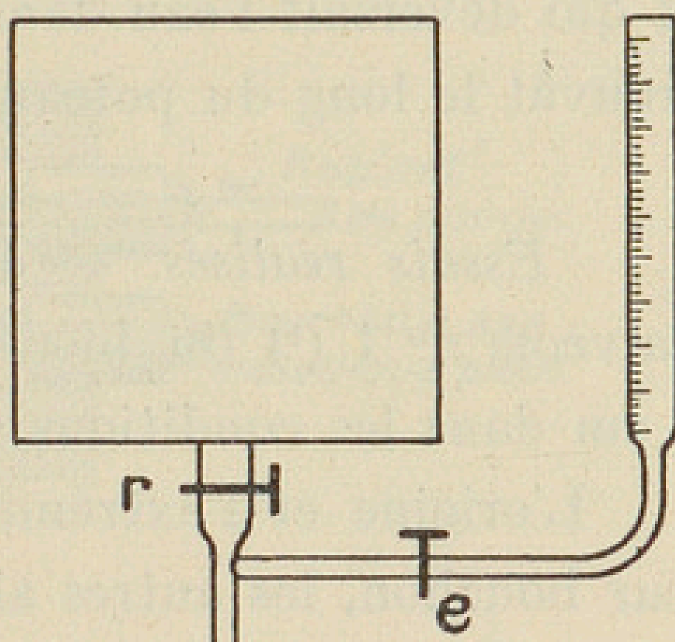


Fig. 4.

Il est à remarquer que cette méthode donnait l'étanchéité de la canalisation sous une pression se produisant à l'intérieur de l'alvéole. Pour se placer dans les conditions de la réalité, il aurait fallu mesurer l'étanchéité du bloc sous des pressions se produisant extérieurement. On conçoit toutes les difficultés qu'il y aurait eu à réaliser un essai de cette sorte : il aurait fallu construire une cuve étanche suffisamment longue pour contenir le bloc d'essai et suffisamment haute.

On peut admettre que les résultats trouvés par la méthode adoptée sont cependant valables et que l'étanchéité de l'intérieur vers l'extérieur est sensiblement égale à l'étanchéité en sens inverse.

Les dimensions du récipient étaient d'environ 0,40 m de diamètre et 0,50 m de haut. La mesure des gros débits s'effectuait en comptant le temps nécessaire pour que le récipient se vide entièrement. Afin de permettre la mesure des plus faibles débits, on avait monté en parallèle, comme l'indique la figure 4, une éprou-

vette de 0,60 m de haut et de 1 cm de diamètre intérieur (fig. 4).

En fermant le robinet *r* situé à la base du réservoir et en ouvrant le robinet *e* qui commandait l'éprouvette, on substituait celle-ci au réservoir et l'on pouvait mesurer des débits de quelques cm³ à la minute.

Des traits rouges avaient été portés sur le poteau, marquant les niveaux de 3 m, 6 m et 9 m au-dessus du niveau moyen des alvéoles. Un ouvrier montait le long du poteau au moyen d'échelons et suivait dans leur course le réservoir et l'éprouvette afin de faire les lectures.

L'alimentation en eau du réservoir se faisait facilement grâce à l'installation d'une manche d'une soixantaine de mètres environ et qui déversait l'eau dans le réservoir à quelque hauteur qu'il se trouvât le long du poteau télégraphique.

Essais réalisés. — 1° Un premier essai a été réalisé sur l'alvéole n° 1 [1] du bloc monolithe à 12 trous et à parois de 7 cm dans les conditions suivantes :

L'origine et l'extrémité de l'alvéole d'essai étant munies de leur bouchon, les autres alvéoles du bloc sont obturées au moyen des bouchons à axe plein (fig. 6). Le plan d'eau du réservoir étant placé à 1 m 50 au-dessus du niveau de l'alvéole essayée, le robinet *r* fermé et le robinet de purge d'extrémité ouvert, le tube de caoutchouc est raccordé au bouchon d'entrée.

Le robinet *r* est ensuite ouvert et l'eau pénètre dans l'alvéole, ce qui se traduit par un abaissement rapide du niveau de l'eau dans le réservoir et par un sifflement nettement perceptible, causé par le passage de l'air dans le robinet de purge.

Au bout d'une minute environ, des crachements se produisent au robinet de purge, puis l'eau commence à couler. Le jet est

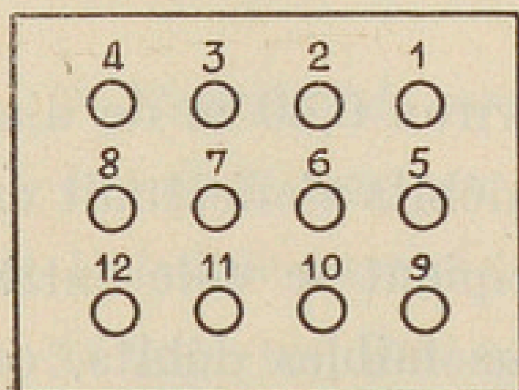


Fig. 5.

1. Le mode de numérotation adopté pour les alvéoles était le suivant : le côté se trouvant face au poteau télégraphique et par où se fait l'admission de l'eau était appelé origine et le côté opposé, extrémité ; un observateur se trouvant à l'origine et regardant le bloc comptait les alvéoles dans l'ordre indiqué par la figure 5 ci-contre.

d'abord saccadé, puis, au bout de quelques minutes, devient régulier. A ce moment on peut admettre que l'air a été complètement expulsé de l'alvéole et que celle-ci est pleine d'eau. Le robinet de purge est alors fermé.

On constate, à ce moment, que le niveau dans le réservoir reste constant. Le réservoir est alors élevé le long du poteau jus-

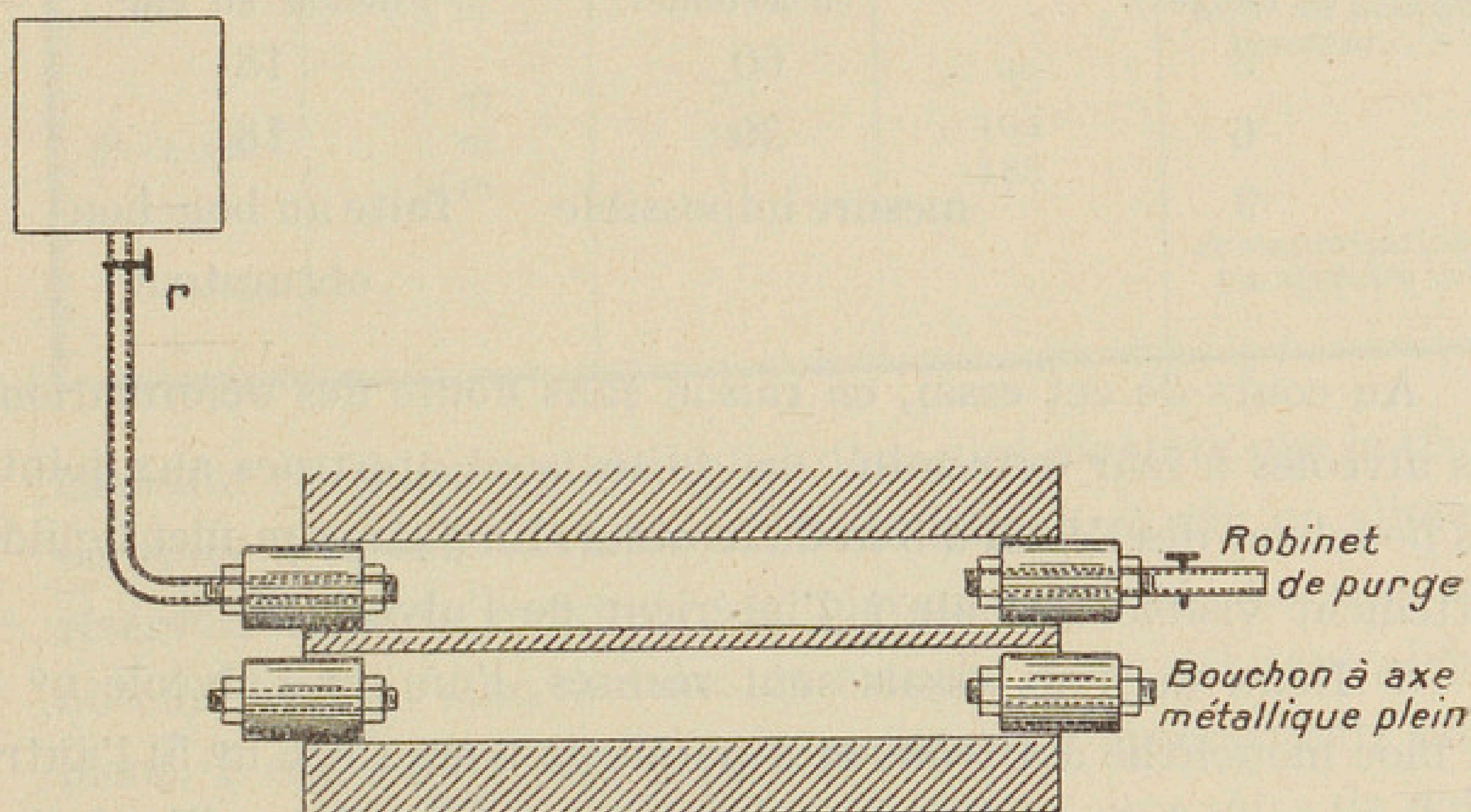


Fig. 6.

qu'à la hauteur de 9 mètres. Aucun abaissement sensible du niveau ne se manifeste.

L'essai est poursuivi en substituant au réservoir l'éprouvette ; les mesures suivantes sont alors faites à 3 m, 6 m et 9 m.

Pression (hauteur d'eau en mètres)	Débit minute en cm^3
3 m	6
6 m	15,5
9 m	22

Il est à remarquer que les blocs monolithes ne comportaient à ce moment aucun enduit. L'étanchéité relative constatée est donc due uniquement à la composition du béton et à sa mise en œuvre.

L'alvéole restant en charge, on procède au débouchage des alvéoles voisines : on constate que ces alvéoles sont sèches et qu'il n'y a pas eu communication de ces alvéoles avec l'alvéole essayée.

2° Un deuxième essai est réalisé sur l'alvéole n° 2 du bloc monolithe à 4 trous et à parois latérales de 7 cm (bloc n° 3 de la figure 1).

Les 3 alvéoles les plus voisines restent cette fois débouchées. On obtient les résultats suivants lus à l'éprouvette :

Pression (hauteur d'eau en mètres).	Durée de la mesure en secondes.	Volume d'eau débité en cm^3
3	60	18
6	30	18
9	mesure impossible	fuite au bouchon obturateur

Au cours de cet essai, en raison sans doute des déformations des alvéoles à leur extrémité, des fuites sont apparues aux joints des bouchons dès l'essai à 3 m de hauteur. En outre, un filet liquide nettement visible s'écoule à l'intérieur de l'alvéole n° 3.

3° Deux derniers essais sont réalisés, l'un sur l'alvéole n° 4 du bloc monolithe à 4 trous et à parois de 9 cm (bloc n° 5) l'autre sur le trou n° 6 du bloc à 12 trous et à parois de 7 cm d'épaisseur (bloc n° 4).

Le premier de ces essais donne (bloc n° 5).

Pression (hauteur d'eau en mètres).	Durée de la mesure en secondes.	Volume d'eau débité en cm^3
3	26	17
6	22	38
9	11	34

L'essai sur le bloc n° 4 laisse apparaître immédiatement une communication franche de l'alvéole n° 6 essayée avec l'alvéole n° 7 : une veine liquide grosse comme un doigt est visible à l'intérieur de cette dernière alvéole.

Les résultats des essais d'étanchéité à l'eau sur les blocs monolithes peuvent être résumés dans le tableau ci-après (voir p. 717) :

On procède ensuite à un essai de même nature sur l'alvéole n° 1 du bloc de dalles à 12 trous (bloc n° 2).

Le plan d'eau étant fixé à 1 m 50 au-dessus de cette alvéole, on ferme le robinet d'extrémité aussitôt que le jet coule à débit

ESSAIS.	PRESSION (hauteur d'eau en mètres).	DURÉE de la mesure en secondes.	DÉBIT minute en cm³.	OBSERVATIONS.
1er essai..	3 m	60	6	
	6 m	60	15,5	
	9 m	60	22	
2e essai..	3 m	60	18	
	6 m	30	36	
	9 m	—	—	mesure impossible fuite au bouchon obturateur.
3e essai .	3 m	26	39	
	6 m	22	104	
	9 m	11	185	
4e essai..				communication avec les alvéoles voisines.

constant et est exempt de bulles d'air ; on constate que le récipient continue à se vider. Au moyen de la manche à eau on alimente le réservoir afin de maintenir le niveau constant. Ce résultat est obtenu pendant cinq minutes, la manche à eau débitant abondamment. L'eau suinte aux raccordements des enrobements latéraux avec le radier et, en assez grande quantité, aux têtes de dalles.

Au bout de cinq minutes on procède à une mesure de débit en notant le temps mis par le réservoir pour se vider. On trouve ainsi :

25 litres écoulés en 2' 15''

50 litres écoulés en 5' 38''

Les bouchons étant retirés successivement des alvéoles voisines de l'alvéole de remplissage, l'eau s'écoule à flot de ces alvéoles.

Ces résultats étaient à prévoir, si l'on tient compte notamment :

1° de l'absence d'étanchéité aux joints de dalles ;

2° de la difficulté de constituer un bon raccordement du radier et de l'enrobement ;

3° de l'absence d'obturation des joints de pose des dalles aux têtes de canalisation.

Il n'est pas douteux que ces résultats auraient été bien meilleurs si cette obturation avait été réalisée d'une façon convenable.

Par ailleurs, l'ensemble des vides constitué par les alvéoles n'avait pas été rempli totalement au moment de la mesure et le résultat observé s'est trouvé défavorablement faussé. (On mesurait en somme plutôt la résistance à l'écoulement de l'air restant dans les alvéoles que celle de l'eau).

Essais d'étanchéité à l'air. — Le système d'obturation étant identique au système précédent, les essais d'étanchéité à l'air comprimé ont été effectués de la façon suivante :

Une bouteille d'air comprimé de 50 litres à 150 kg de pres-

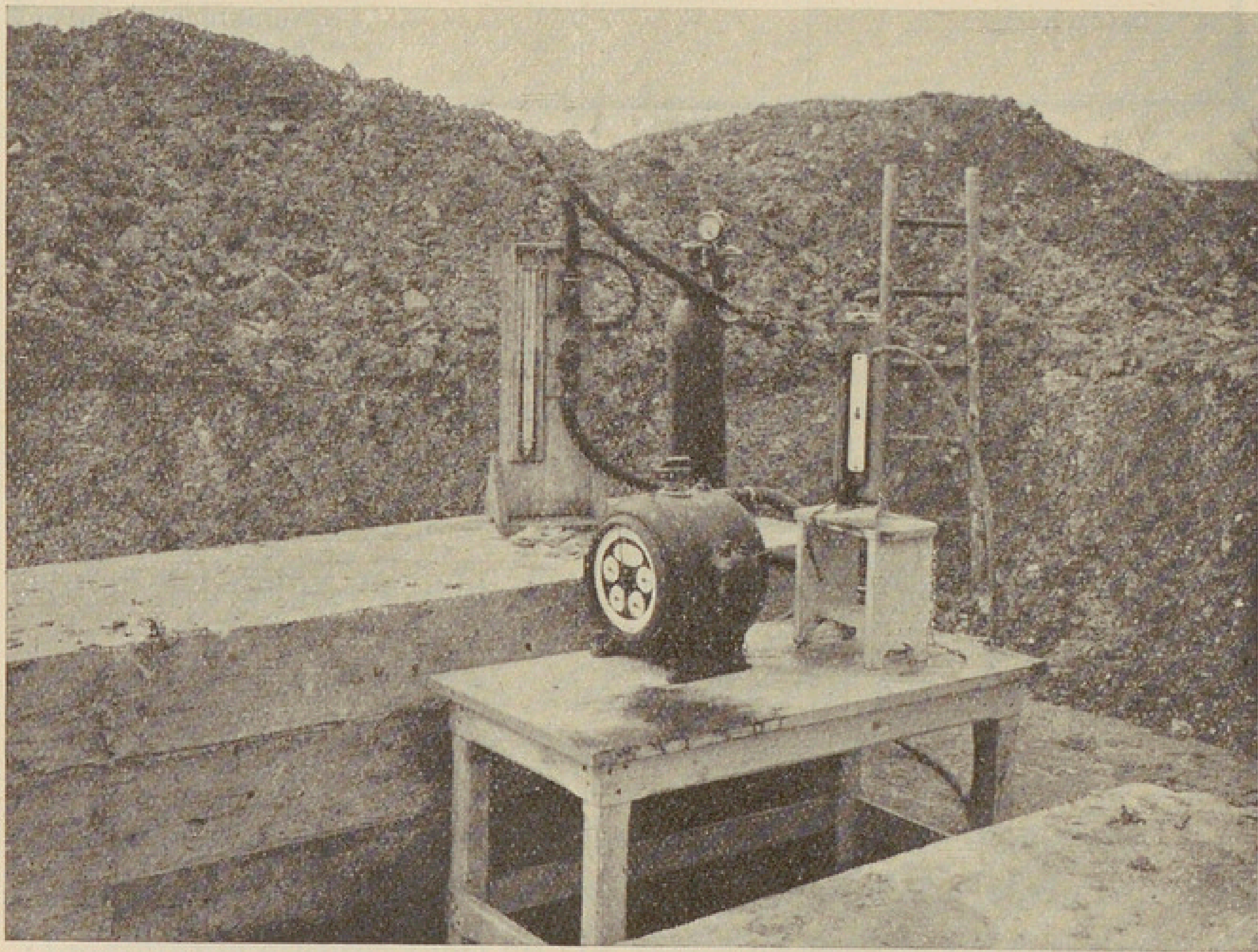


Fig. 7. — Essais d'étanchéité à l'air. — Disposition des appareils de mesure.

sion, munie d'un détendeur, permettait d'envoyer de l'air à la pression de quelques grammes à l'intérieur de l'alvéole après passage à travers un compteur d'expérience du type utilisé par la Société du Gaz de Paris dans ses essais de laboratoire.

La pression était mesurée au moyen d'un manomètre placé à l'entrée de l'alvéole aussi près que possible du bouchon (fig. 8).

Ce système permettait :

a) dans le cas d'étanchéité à peu près totale, de faire une mesure de perte de charge de l'alvéole en fonction du temps en fermant le robinet d'admission d'air *F* et en mesurant la vitesse à laquelle le manomètre revenait à zéro ;

b) dans le cas d'étanchéité partielle, de mesurer la pression qui s'établissait à l'intérieur de l'alvéole pour un débit donné.

Un manomètre placé sur le bouchon d'extrémité permettait de mesurer la perte de pression dans l'alvéole. Quant au troisième

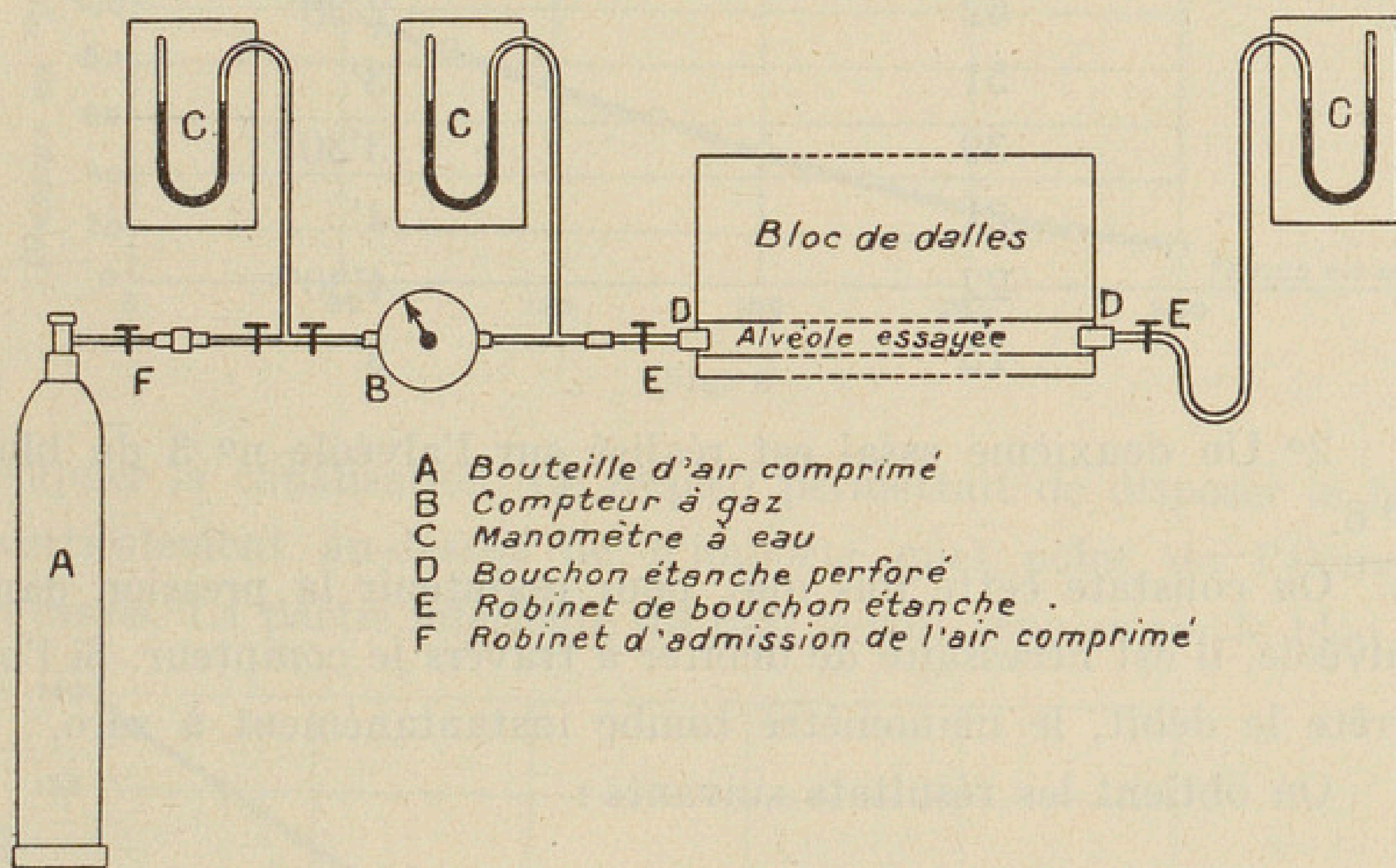


Fig. 8.

manomètre indiqué sur la figure 8, il servait seulement à assurer la protection du compteur qui ne pouvait supporter une pression supérieure à 140 mm d'eau.

Essais réalisés. — En raison des résultats défavorables obtenus sur les blocs de dalles lors de l'essai de l'étanchéité à l'eau, il ne fut pas effectué sur ce système de construction d'essais d'étanchéité à l'air.

1° Le premier essai a lieu sur l'alvéole n° 1 du bloc monolithe n° 4, à 12 trous et à parois de 7 cm d'épaisseur, les alvéoles 3 et 5 seules étant obturées.

On constate que pour une pression de 100 mm d'eau environ

le débit est nul. Une mesure de perte de charge de l'alvéole donne les résultats suivants :

Pression en mm	Temps en minutes et secondes
140	0
121	21''
112	31''
99	1'
87	1'30''
76	2'
62	2'30''
51	3'
39	3'30''
31	4'
22	4'30''
13	5'

2° Un deuxième essai est réalisé sur l'alvéole n° 3 du bloc n° 6.

On constate cette fois que, pour maintenir la pression dans l'alvéole, il est nécessaire de débiter à travers le compteur. Si l'on arrête le débit, le manomètre tombe instantanément à zéro.

On obtient les résultats suivants :

Débit.	Pression.
2 litres 1 en 1'	120 mm.
1 litre 53 en 1'	90 mm.

3° Un troisième essai effectué sur l'alvéole n° 1 du même bloc permet l'utilisation de la méthode de la perte de charge.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Pression en mm	Temps en secondes
140	0
138	7
136	16
134	25
132	36
130	51

Les figures 9 et 9 *bis* donnent la courbe des pressions en fonction du temps, au cours des essais 1 et 3. Comme il fallait s'y attendre elles affectent une allure exponentielle.

3. Essais de perforation. — Ces essais ont été réalisés au moyen d'un mouton (fig. 10).

Un trépied supportait un bâti, le long duquel coulissait un poids de 10 kg muni d'une pointerolle de forme conique destinée à

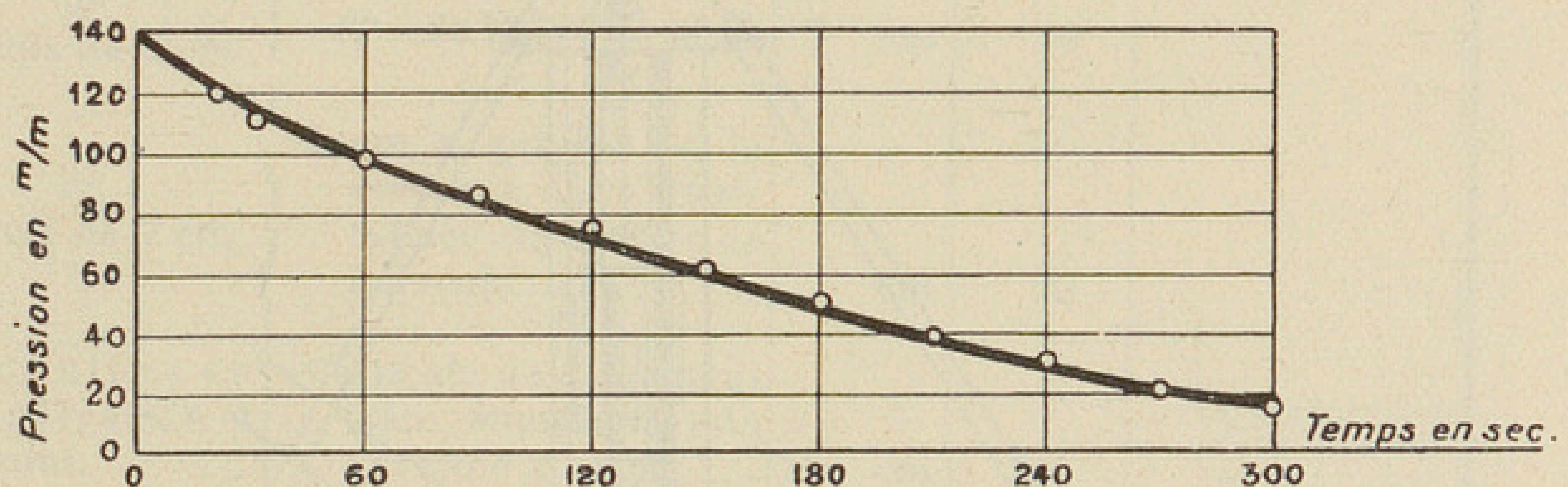


Fig. 9.

frapper la canalisation. Ce trépied permettait de disposer le bâti verticalement au-dessus de n'importe quel point de l'élément d'essais. La partie inférieure du bâti venait reposer sur le bloc au

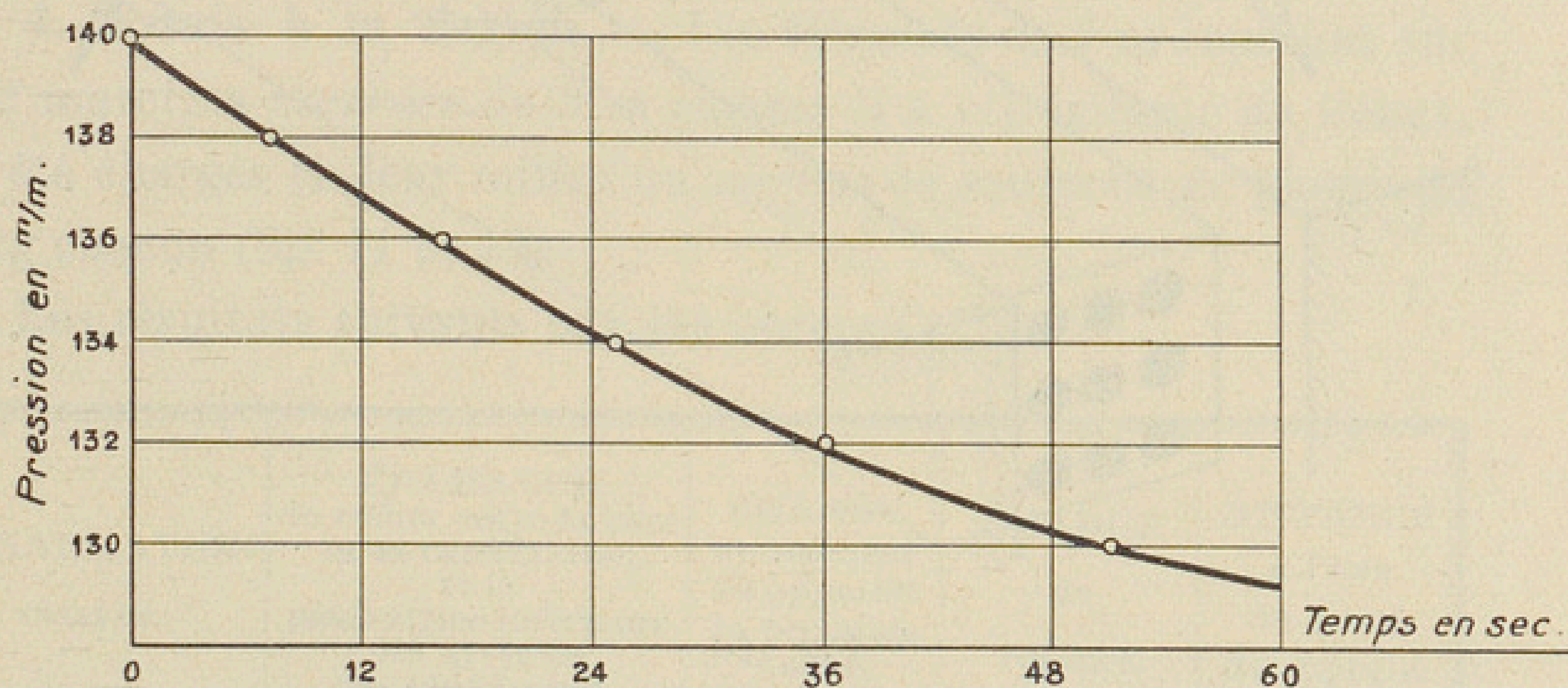


Fig. 9 *bis*.

moyen de deux vis qui, pénétrant légèrement dans le béton, fixaient parfaitement la position du point de chute.

Le poids tombant d'une hauteur de 1 m [1] le long de ce bâti

1. L'énergie de 10 kilogrammètres, développée à chaque chute du mouton d'une hauteur de 1 m, est équivalente à celle d'un coup de pioche moyen.

venait frapper toujours le même point dans la partie supérieure du bloc. On mesurait le nombre de chutes nécessaires pour percer la paroi de béton. Il est clair que les résultats obtenus ne pouvaient qu'être très différents suivant l'épaisseur de la paroi attaquée, c'est-à-dire suivant que le point d'attaque se trouvait au-dessus

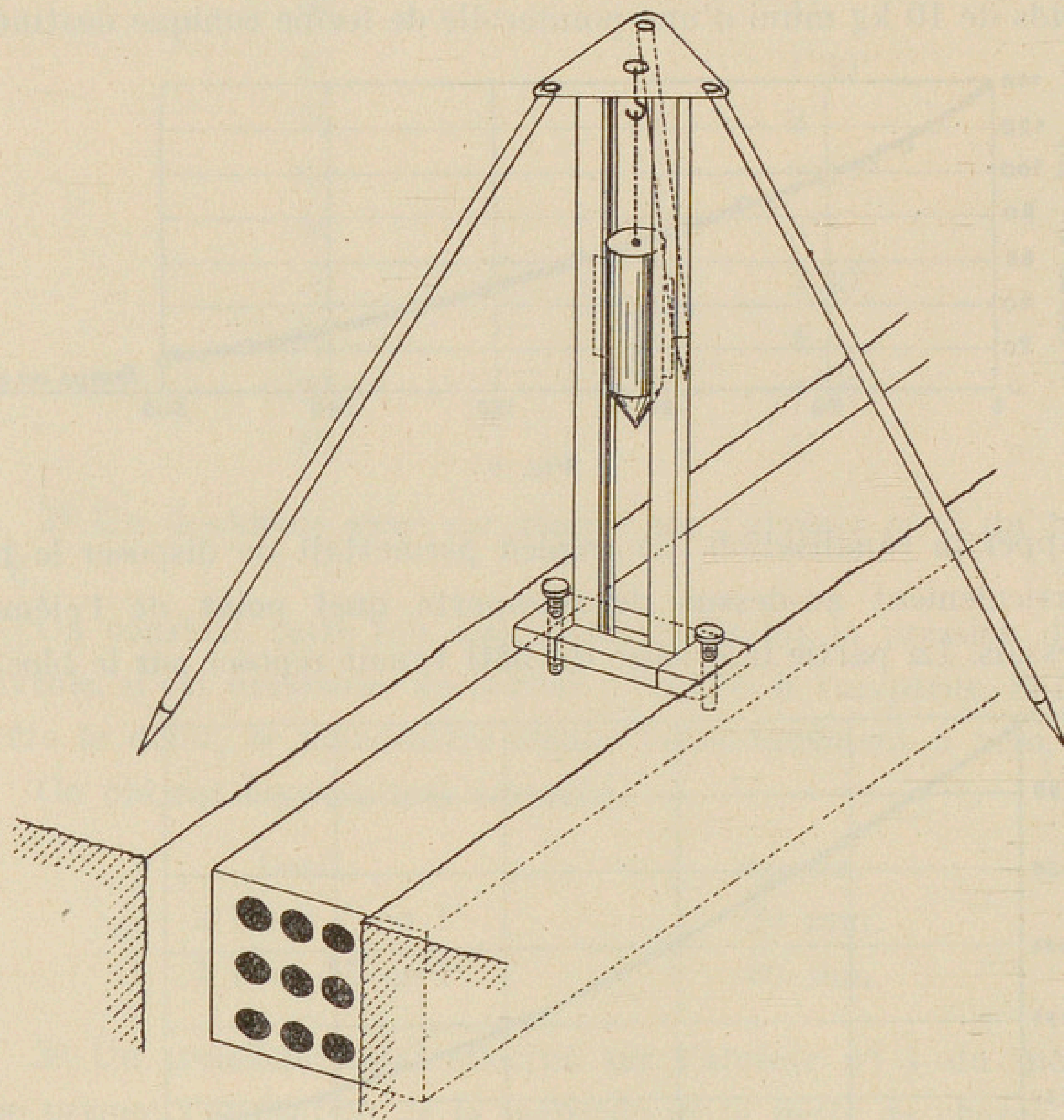


Fig. 10.

de la génératrice supérieure d'une alvéole ou au contraire au-dessus de la paroi de séparation de 2 alvéoles d'une même couche horizontale. L'essai le plus intéressant était celui qui attaquait la paroi en son point d'épaisseur minimum.

Tous ces essais ont été réalisés sur les blocs de 2 m de longueur. Les résultats suivants ont été obtenus.

BLOC ESSAYÉ.	POINTS D'ATTAQUE.	ÉPAISSEUR paroi supérieure.	NOMBRE de chutes.	OBSERVATIONS.
Bloc monolithe à 4 trous et à parois de 7 cm.	Verticale de la génératrice supérieure de l'alvéole nº 3.......	6 cm	4	
dº	dº de l'alvéole nº 2.	6,5 cm	10	
dº Parois de 9 cm.	dº de l'alvéole nº 2.	7 cm	19	
dº Parois de 7 cm.	2 cm à gauche de la verticale de la génératrice supérieure de l'alvéole...........	7 cm	30	
Conduite en dalles de 4 trous.	Verticale de la génératrice supérieure de l'alvéole 2.........	12 cm	100	la perforation n'est pas obtenue.

Ces résultats montrent que la résistance à la perforation s'accroît très rapidement pour de légères augmentations de l'épaisseur de béton.

4. Essais à la flexion. — Les éléments de 7 m reposant sur les 2 murettes espacées de 3 m comme il a été indiqué au début, ont été chargés en leur milieu au moyen de saumons de plomb de 27 kg chacun (fig. 11 et 12).

Les résultats suivants ont été obtenus :

CANALISATION essayée.	ÉPAISSEUR du radier entre la base de la canalisation et la génératrice inférieure des alvéoles les plus basses.	CHARGE au moment où apparaît la première fissure.	CHARGE de rupture.	DISTANCE à l'axe du point de rupture.
Bloc nº 1.....	16 cm	5.300 kg	5.300 kg	0
Bloc nº 3.....	12,5 cm	5.190 kg	5.930 kg	10 cm
Bloc nº 5.....	16 cm	4.004 kg	4.348 kg	16 cm

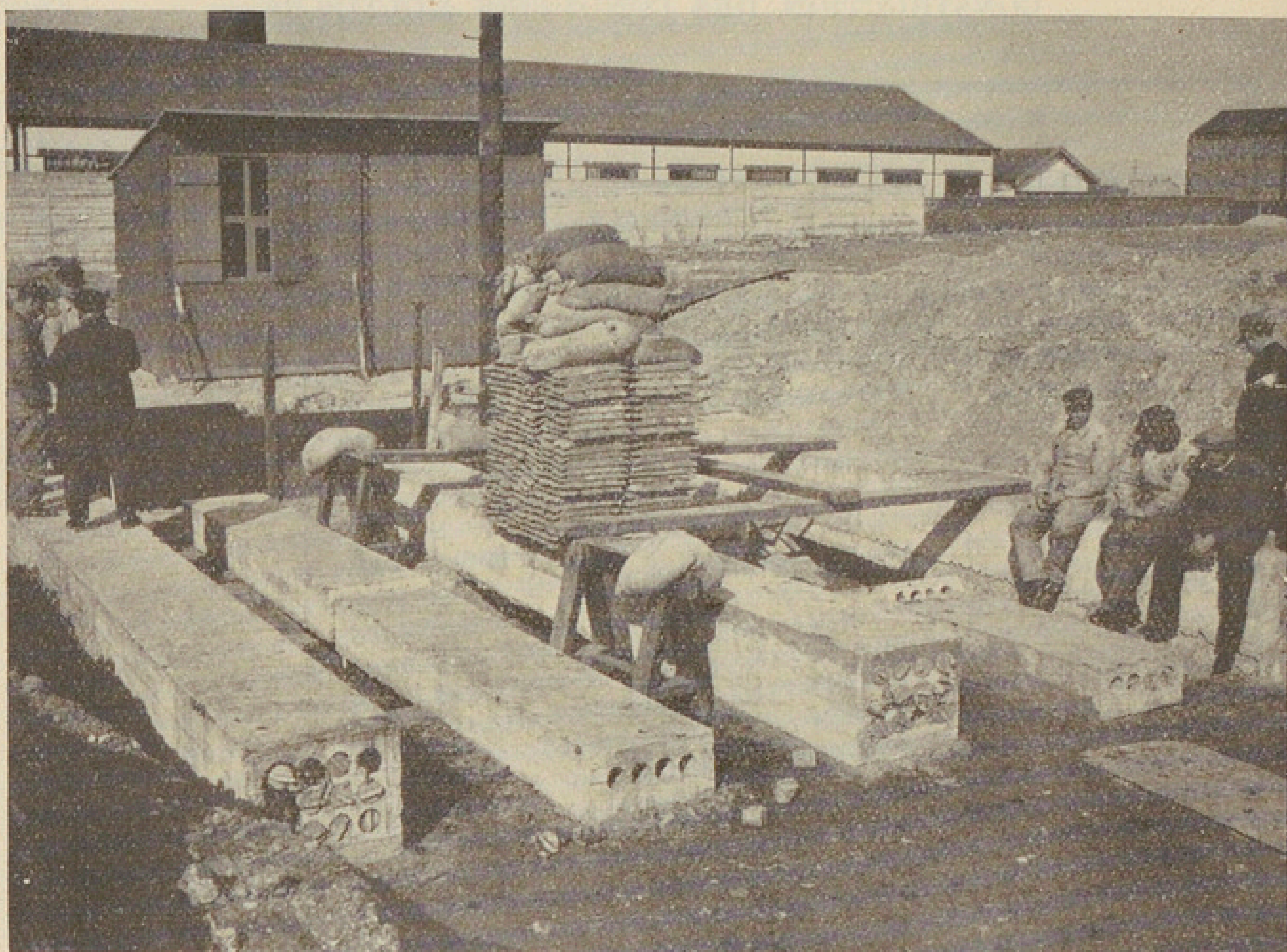


Fig. 11. — Essai de rupture par flexion. — Chargement des canalisations.

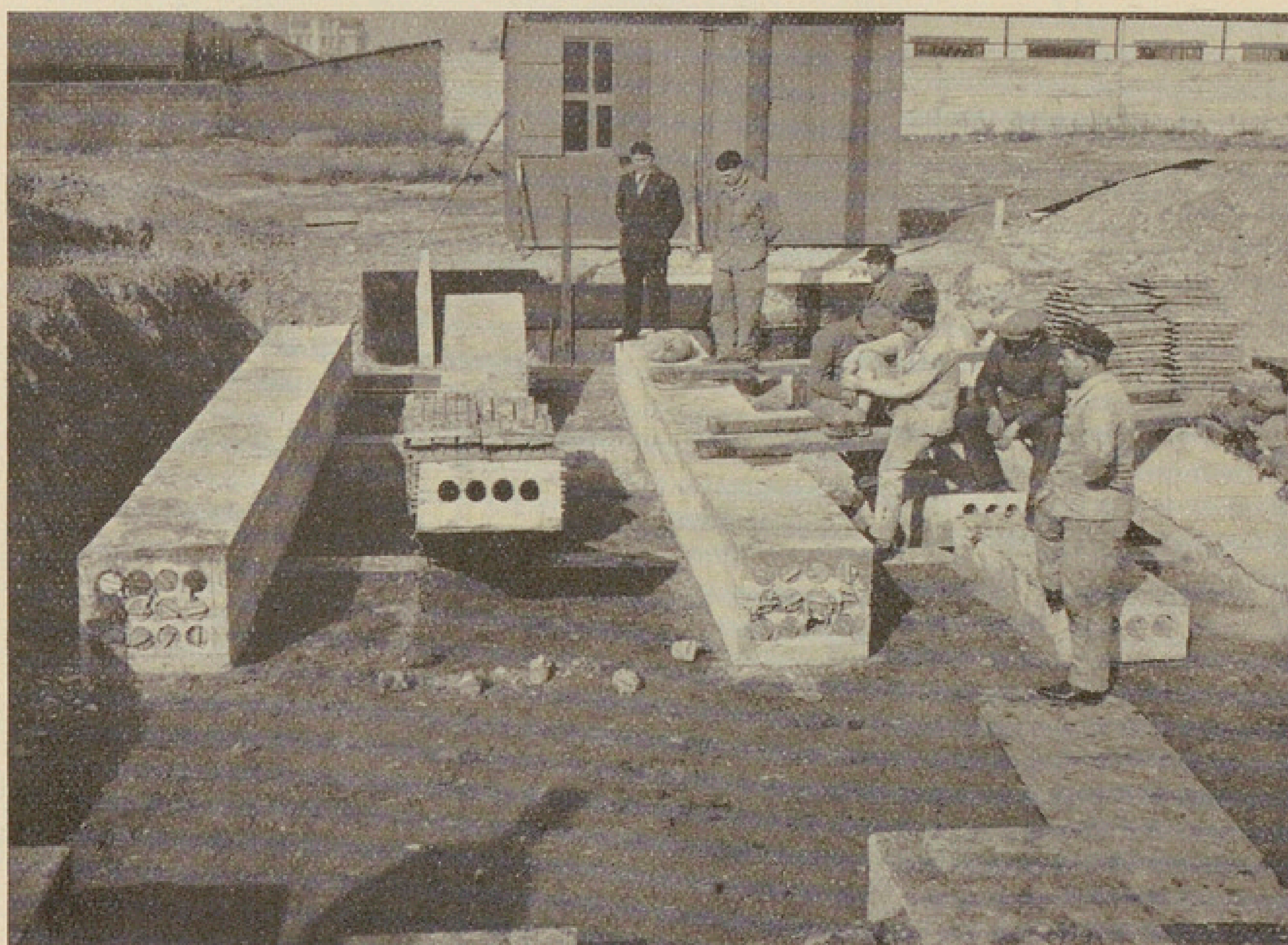


Fig. 12. — Essai de rupture par flexion. — Canalisation rompue

La rupture n'a pu être obtenue sur les conduites à 12 trous de l'un et l'autre type de construction (monolithe ou en dalles), malgré des charges poussées jusqu'à 12 tonnes. (Rappelons que seuls les radiers de ces éléments étaient armés). Après construction en sous-œuvre de nouvelles murettes espacées de 6 m sous les 3 blocs afin de doubler le porte-à-faux, les essais sont repris. Dans ces conditions, la rupture peut être obtenue. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

CANALISATION essayée.	ÉPAISSEUR du radier entre la base de la canalisation et la génératrice inférieure des alvéoles les plus basses.	CHARGE au momeni où apparaît la première fissure.	CHARGE de rupture.	DISTANCE à l'axe du point de rupture.
Bloc n° 2	18 cm	6.942 kg	7.982 kg	50 cm
Bloc n° 4	15 cm	2.860 kg	4.290 kg	40 cm
Bloc n° 6	17 cm	5.044 kg	5.876 kg	20 cm

Pour le bloc de dalles, le plan de rupture coïncide avec le plan de raccordement de 2 dalles de la couche inférieure.

*
* *

Essais sur des canalisations en service.

Des essais furent effectués sur des canalisations en service à Marseille du 19 au 23 mars 1934 (canalisation du boulevard Chave). Ils comportaient des mesures :

de calibrage,

d'étanchéité à l'air et à l'eau,

de résistance à la perforation.

Le matériel utilisé était le même que celui qui avait servi aux essais d'Aubervilliers et qui avait été transporté sur les lieux par les soins des Services Téléphoniques de Paris.

Essais de calibrage. — La longueur de l'élément de canalisation essayé était de 147 m. Le mandrin de 95 mm, en acier, qui avait été utilisé à Aubervilliers, passe sur une longueur de 140 m, d'abord sans difficulté, puis avec une résistance croissante au fur et à mesure de son avancement ; arrivé à 7 m de son extrémité, il se bloque complètement. On parvient à le tirer en arrière puis à en effectuer le tirage dans la même alvéole mais dans l'autre sens ; le mandrin passe sans difficulté, cette fois sur toute la longueur de l'alvéole, mais on constate qu'un bourrelet d'enduit se trouve à l'avant du mandrin.

Un deuxième essai est réalisé sur une autre alvéole. Le tirage du mandrin se fait d'abord facilement, puis plus difficilement. A 61 m de l'origine, il se bloque complètement et cette fois ne peut être dégagé. Le Service Technique de Marseille ne s'opposant pas à l'ouverture de la canalisation au point où le mandrin s'était bloqué, il devient possible d'identifier de façon certaine la nature de l'obstacle rencontré. Il s'agissait bien d'un bourrelet d'enduit bloquant complètement la progression du mandrin.

Ce défaut mis à part et résultant uniquement de la nature de l'enduit, on peut admettre que le système de construction monolithe, tel qu'il est pratiqué à Marseille, assure, avec un enduit approprié ou sans enduit, d'une façon facile, le passage d'un mandrin de 95 mm.

Ce résultat est à rapprocher de ceux obtenus par la Direction des Services Téléphoniques de Paris sur des canalisations construites en dalles établies sur radier et enrobées.

Récemment ces services ont eu à assurer la pose en conduite multiple entre Paris et Versailles (15 km) du câble à longue distance Paris—Le Mans—Rennes. Le câble présentait un diamètre de 92 mm sur armure, atteignant jusqu'à 98 mm dans les parties déformées. La conduite multiple utilisée était à alvéoles de 100 mm et présentait de nombreuses courbures, jusqu'à 70 m de rayon en plan, réalisées en dalles à 4 alvéoles de 1 m de long. Le passage d'un mandrin d'acier de 95 mm fut tout d'abord réalisé section par section sur toute la longueur de la canalisation. Le tirage du câble Paris—Le Mans amarré par l'armure fut ensuite effectué d'une façon très régulière et sans difficultés particulières.

Essais d'étanchéité à l'air. — Les résultats suivants furent obtenus :

N° de l'alvéole.	PRESSION à l'origine de l'alvéole en mm d'eau.	PRESSION à la sortie de l'alvéole en mm d'eau.	DÉBIT mesuré au compteur.
7	10	9	4 l en 9″
	14	10	4 l en 7″
	20	18	4 l en 7″
	10	9	4 l en 12″
	8 à 10	8 à 10	20 l en 60″
	12 à 20	17 à 20	12 l en 41″
			12 l en 25″
4	23	21 à 23	8 l en 14″
	40	40	8 l en 14″ 1/2
	22	21	8 l en 23″ 1/2

Ces essais, ainsi que ceux d'Aubervilliers, montrent que la résistance à l'écoulement de l'air des canalisations monolithes, quoique satisfaisante, n'est pas entière puisque, pour maintenir une pression de deux ou trois grammes à l'intérieur de l'alvéole, il est nécessaire de débiter constamment une quantité d'air de l'ordre de 20 litres à la minute.

Ces résultats marquent cependant un progrès important sur le mode de construction en dalles enrobées.

Essais d'étanchéité à l'eau (1). — En présence des résultats obtenus pour les essais d'étanchéité à l'air, les essais d'étanchéité à l'eau présentaient moins d'intérêt. Ils étaient d'ailleurs malaisés à faire, en raison de la difficulté qu'il y avait à remplir d'eau intégralement une alvéole longue de 147 m et d'une capacité de 1.200 litres. En outre, et la preuve en a été faite au cours des essais que nous allons voir, il était difficile d'éviter qu'une poche d'air ne se

1. Lors des essais de Marseille, nous avons eu l'occasion d'examiner dans le quartier de Saint-Just un certain nombre de sections de canalisations monolithes établies en terrain aquifère et complètement baignées par l'eau sous des hauteurs de 0 m. 80 à 1 m. 40. Ces éléments de conduites étaient entièrement étanches et ne présentaient aucune trace d'infiltration.

formât au-dessus du niveau d'eau montant dans l'alvéole et ne présentât à l'avancement de l'eau une résistance de plus en plus grande, à mesure que diminuait la surface du béton avec laquelle elle était en contact ; cet air formant ressort s'opposait de plus en plus au remplissage de l'alvéole, faisait diminuer lentement le débit et masquerait ainsi la discontinuité qui eût dû se produire au moment du plein de l'alvéole.

Pour éviter la formation de cette poche d'air, une modification au bouchon d'extrémité fut d'ailleurs apportée comme l'indique la figure 13.

Le tuyau formant purge se trouvait ainsi amené tout au som-

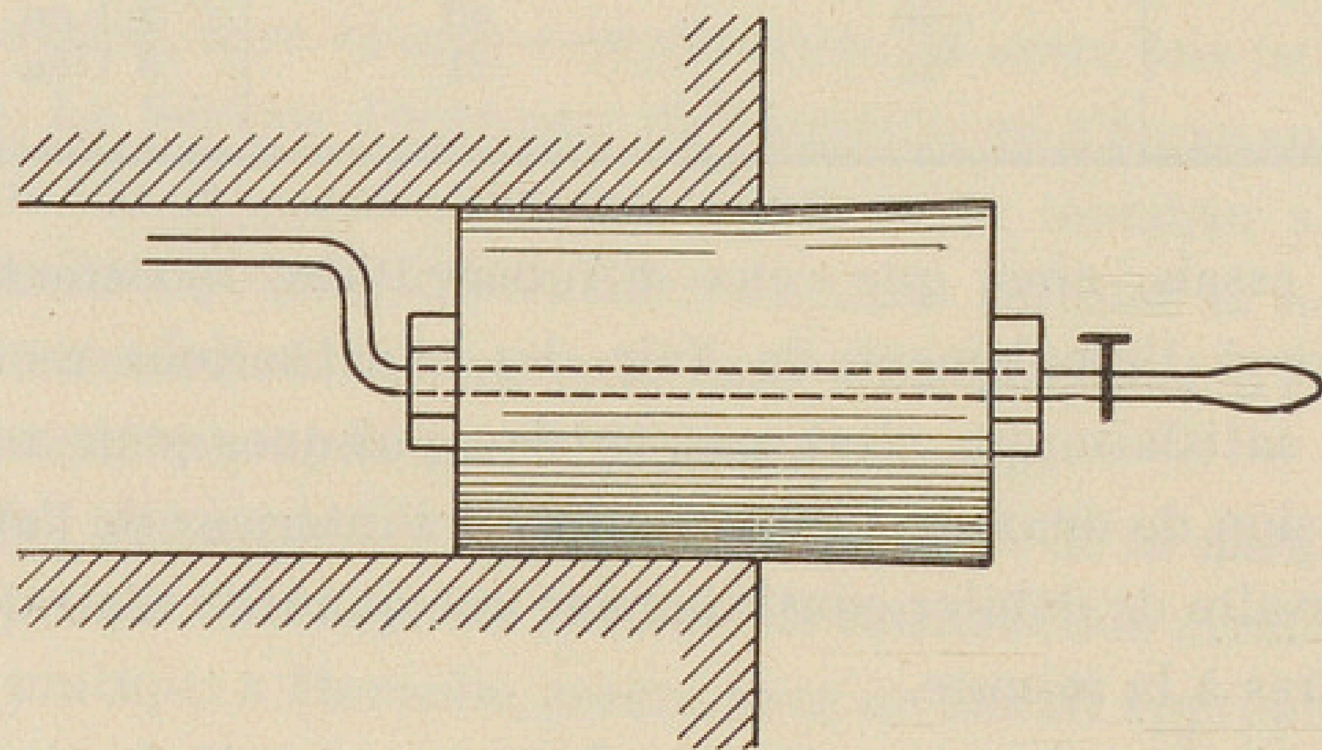


Fig. 13.

met de l'alvéole et permettait l'évacuation de l'air. Cependant un espace subsistait entre l'extrémité de ce tube et la génératrice supérieure de l'alvéole et cet intervalle suffisait à troubler les essais.

1° *Premier essai.* — La première mesure a été faite sur l'alvéole n° 12, les autres alvéoles étant débouchées. Au moment où l'alvéole semblait à peu près pleine, une mesure de débit est faite, elle donne :

Temps en minutes	Débit en litres (à partir du début de la mesure)	Hauteur d'eau
0	11	3 m
1	17	3 m
2	27	3 m

A noter qu'aucune fuite d'eau n'a été constatée dans les alvéoles voisines.

2° *Deuxième essai.* — Un essai est ensuite réalisé sur l'alvéole n° 11. Après une heure d'alimentation, l'alvéole n'est toujours pas remplie ; une perte se manifeste dans l'alvéole n° 12. Il est probable que ces mises en charge successives des alvéoles 12 et 11 ont produit un affaissement de la paroi qui les sépare. Cet affaissement suffit à rendre l'essai et la mesure impossibles.

3° *Troisième essai.* — Une troisième alvéole est essayée sur une autre section de la même canalisation sur une longueur de 110 m. Les résultats suivants ont pu être obtenus au moment où l'alvéole paraissait être remplie.

Temps en minutes	Débit en litres	Hauteur d'eau
0		
1	1,3	environ 4 m au-dessus de
3	5,1	l'origine et 1 m au-dessus
4	8,2	de l'extrémité (situation
5	10,7	due à la grande inclinai-
		son de la section),

soit environ 2 litres à la minute.

Les alvéoles voisines avaient été bouchées pour la mise en charge. On débouche la première alvéole se trouvant au-dessous de l'alvéole essayée : aucune fuite ne se manifeste. Par contre, l'alvéole voisine se trouvant sur le même plan horizontal ayant été débouchée, l'eau s'écoule à flot par son extrémité inférieure.

Cette constatation, que nous notons pour la première fois, avait déjà été faite au cours d'expériences antérieures ; elle tend à prouver que les parois de béton qui séparent les diverses couches horizontales d'alvéoles dans le bloc monolithe présentent une étanchéité convenable ; au contraire les parois verticales dont il est plus difficile de régler l'épaisseur présentent, dans les conditions actuelles de la construction, des points faibles dès que l'ouvrage atteint une certaine longueur. Il en résulte ainsi des communications franches entre alvéoles de même couche horizontale.

Essais à la perforation. — Les résultats obtenus à Aubervilliers pouvaient être considérés comme concluants au point de vue de la résistance à la perforation puisque la spécification des canalisations d'essai était la même que celle des conduites en service. Il suffisait donc de les reprendre très sommairement.

Les résultats suivants sont obtenus au cours des quatre essais effectués à l'aplomb de la génératrice supérieure de chacune des quatre alvéoles supérieures du bloc :

N° DE L'ALVÉOLE	NOMBRE DE CHUTES avant la perforation (hauteur de chute 1 m).	ÉNERGIE DÉPENSÉE
1	13	130 kilogrammètres.
2	20	200 kilogrammètres.
3	30	300 kilogrammètres.
4	22	220 kilogrammètres.

Si l'on se reporte aux résultats obtenus sur les canalisations d'essais d'Aubervilliers on voit que ces résultats-ci sont plus favorables.

Afin de s'assurer de l'épaisseur de la paroi supérieure de béton au point d'attaque, ainsi d'ailleurs que du calibrage, une coupe est faite à la scie : l'épaisseur de la paroi est trouvée égale à 75 mm.

Conclusions

Les essais décrits ci-dessus ont permis de dégager des conclusions importantes.

Par la détermination de la valeur des différents facteurs caractérisant la qualité des conduites, il a été possible, d'une part, de préciser certaines directives générales relatives à la construction des conduites multiples en béton et, d'autre part, d'apporter plusieurs rectifications aux règles de construction admises pour les deux systèmes particuliers étudiés, de manière à rendre leurs avantages comparables.

La résistance à la flexion des deux systèmes de conduites étudiés, est apparue lors des essais comme excellente. Il paraît

possible, sans inconvénients graves pour les conduites à petits nombres d'alvéoles et ne contenant pas des câbles spécialement importants, de réduire l'épaisseur du radier et d'en supprimer l'armature. La résistance à la flexion des conduites enrobées et des conduites monolithes étant conditionnée pour la plus grande part par le radier, il est indiqué pour rendre les systèmes comparables de les établir sur des radiers de constitutions absolument identiques.

Les essais de perforation des conduites monolithes ont montré la faible résistance des bétons minces, coulés très humides avec emploi de très petits agrégats. A ce titre, il a paru utile de renforcer l'épaisseur anciennement préconisée [1] pour les parois des conduites monolithes et d'employer l'agrégat le plus gros compatible avec le mode de construction (mélange de sable gros et de sable fin).

Malgré les conditions d'essais qui ont défavorisé le système à dalles enrobées, l'étanchéité du système monolithe, sans être totale, apparaît comme supérieure à l'étanchéité du système à dalles enrobées tel qu'il est actuellement pratiqué. Nous croyons toutefois que ce dernier système pourrait être sensiblement amélioré par l'emploi de béton pervibré, tant pour la constitution du radier que pour la constitution de l'enrobement, suivant le procédé expérimenté par la Direction des Services Téléphoniques de Paris (canalisation rue de Tanger).

Quoi qu'il en soit, l'étanchéité, même améliorée, des deux systèmes, ne peut, dans l'état actuel de la construction, être absolument garantie, surtout en ce qui concerne le danger résultant des infiltrations de gaz d'éclairage. Les prescriptions réglementaires de sécurité sur l'utilisation des chambres doivent, en conséquence, être rigoureusement appliquées.

On améliorera les conditions de sécurité et de travail dans les chambres par l'établissement de dispositifs statiques de

---

1. Avant les essais décrits dans le présent article. — Les dimensions des conduites monolithes, qui doivent être actuellement utilisées, sont celles qui ont été réglementairement fixées, par l'Ordre de service du 1er septembre 1934, paru au *Bulletin Officiel du Ministère des P.T.T.*, n° 29 de 1934, p. 869 à 872.

ventilation (1) et par l'utilisation de ventilateurs mécaniques (2).

Les essais d'Aubervilliers et de Marseille ont attiré particulièrement l'attention sur la question des enduits d'alvéoles. Ces enduits, de qualité souvent très variable, sont en plus difficiles à réaliser dans le système monolithe et peuvent même conduire à des difficultés pour le tirage et le retrait des câbles. L'utilité de ces enduits reste controversée et il paraît nécessaire que des études soient entreprises sur cette question. Dans ces conditions, il paraît légitime, jusqu'à la terminaison de ces études, de supprimer une dépense dont l'utilité n'est pas absolument démontrée et de construire, à titre d'essai, les canalisations multiples sans enduit intérieur des alvéoles, sous réserve d'un brossage soigné et, pour les dalles multitubulaires, d'un ébarbage bien effectué des extrémités des trous.

---

1. Voy. Dispositifs statiques de ventilation pour chambres téléphoniques souterraines, par M. J. Mailley, ingénieur en chef des P.T.T., *Annales des P.T.T.*, 1933, p. 302.

2. Voy. Ventilateurs à moteur et à main utilisés dans les travaux de construction et d'entretien des lignes souterraines, par M. J. Mailley, ingénieur en chef des P.T.T., *Annales des P.T.T.*, 1933, p. 397.

RELATION ENTRE L'AFFAIBLISSEMENT ET LE DÉPHASAGE D'UN SYSTÈME DE TRANSMISSION LINÉAIRE

par R. LEROY,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Lorsque, dans un système de transmission, on cherche à déterminer les régimes transitoires à partir des régimes permanents supposés donnés à toutes les fréquences, on obtient dans certains cas un résultat déconcertant : l'état transitoire fourni par le calcul se manifesterait antérieurement à la cause dont il est l'effet.

L'exemple le plus connu est celui du filtre passe-bas idéal pour lequel on cherche le régime transitoire dû à la substitution brusque, à l'entrée du filtre, au temps 0, de la tension 1 à la tension 0 (fonction $1(t)$: $1(t) = 0$ si $t < 0$, $1(t) = 1$ si $t > 0$).

Certains auteurs ont cru rendre compte de ce paradoxe en affirmant que le filtre n'avait à arrêter les fréquences supérieures à f_c qu'à partir de l'instant zéro ; auparavant, les forces électromotrices qui correspondent à ces fréquences donnant, avec l'ensemble des autres, un ensemble équivalent à zéro, le filtre ne subirait aucune action, et se comporterait comme s'il n'existait pas.

Ce raisonnement revient à admettre que le calcul à partir des états permanents est légitime lorsque l'ensemble des forces électromotrices composantes représente l'unité et ne l'est plus lorsque cet ensemble représente 0. Le fonctionnement du filtre idéal est admis dans le premier cas et non dans le second.

Mais la véritable raison du résultat inexact trouvé tient au fait que la notion même de filtre idéal implique une contradiction physique : un système linéaire se trouve parfaitement défini par sa fonction de transition $\varphi(t)$, celle qui correspond à l'application à l'entrée du système de la discontinuité $1(t)$.

Elle est nécessairement nulle pour $t < 0$.

A partir d'elle, il est possible de déterminer l'état du système quelles que soient les tensions successives appliquées à l'entrée.

En particulier, les régimes permanents ne peuvent être choisis d'une manière absolument arbitraire ; on ne peut se donner à la fois le facteur et l'angle de transmission, comme on le fait abusivement pour le filtre idéal. La figure 1 donne, pour ce filtre, l'affaiblissement b (A $(\omega) = e^{-b}$) et l'angle de transmission a (ω).

Nous allons dans la suite rappeler brièvement les deux relations classiques qui déterminent à partir de la fonction de transition φ (t), le facteur A (ω) et l'angle a (ω) de transmission ; nous effectuerons l'inversion, exprimant φ (t) en fonction de A (ω) et a (ω) et retrouvant la valeur donnée par le principe de superposition ; une condition de compatibilité existe et exprime précisément que l'expression trouvée pour φ (t), qui n'est intervenue dans le calcul que pour les valeurs positives de t, est identiquement nulle pour $t < 0$. Le principe de superposition ne conduit donc, pour tous les systèmes linéaires possibles, à aucune contradiction.

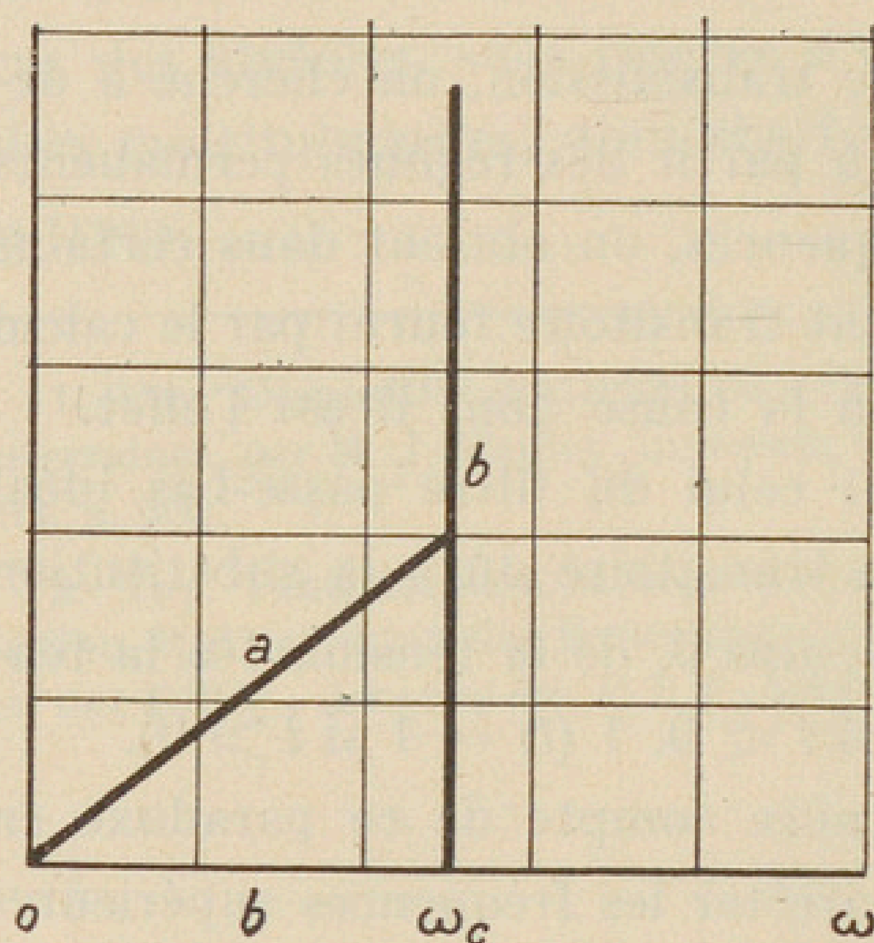


Fig. 1.

Cette condition est d'ailleurs suffisante, comme nous l'établirons, pour que l'expression obtenue pour φ (t) satisfasse bien aux deux relations qui la lient à A (ω) et a (ω).

* * *

Soit un système linéaire dans lequel une grandeur S_2 (t) dépend d'une grandeur S_1 (t) ; la connaissance de la fonction de transition φ (t) qui définit S_2 (t) pour S_1 $(t) = 1$ (t) détermine entièrement

$S_2(t)$, quelle que soit la forme de $S_1(t)$; supposant pour simplifier, $S_1(t) = 0$ pour $t < 0$, on a :

$$(1) \qquad S_2(t) = \int_{S_1=0,\ \lambda=0}^{=t} d\,S_1(\lambda)\,\varphi(t-\lambda).$$

Les discontinuités de première espèce ne causent évidemment aucune difficulté puisque c'est 1 (t) qui définit $\varphi(t)$.

Une transformation simple donne l'expression équivalente :

$$(2) \qquad S_2(t) = \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=t} S_1(t-u)\,d\varphi(u).$$

Cela posé, pour trouver l'état permanent aux diverses fréquences, supposons qu'à partir du temps 0 soit appliqué à l'entrée du système un régime sinusoïdal $S_1(t) = \cos(\omega t - \theta)$; si le temps t croît indéfiniment, $S_2(t)$ tend vers l'état permanent

$$A(\omega)\cos(\omega t - \theta - a(\omega))$$

$A(\omega)$ et $a(\omega)$ étant respectivement le facteur et l'angle de transmission.

L'application de la formule (2) nous donne d'autre part :

$$S_2(t) = \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=t} \cos[\omega(t-u)-\theta]\,d\varphi(u)$$
$$= \cos(\omega t - \theta)\int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=t} \cos\omega u\,d\varphi(u)$$
$$+ \sin(\omega t - \theta)\int_{u=0}^{u=t} \sin\omega u\,d\varphi(u).$$

Faisant tendre t vers l'infini et comparant à l'expression de l'état permanent, nous trouvons les relations :

$$(3) \qquad A(\omega)\cos a(\omega) = \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=\infty} \cos\omega u\,d\varphi(u)\ [1]$$

et

$$(4) \qquad A(\omega)\sin a(\omega) = \int_{u=0}^{u=\infty} \sin\omega u\,d\varphi(u)$$

---

1. On donne habituellement cette relation sous la forme équivalente :

$$A(\omega)\cos a(\omega) = \varphi(0) + \int_0^\infty \cos\omega u\,\frac{d\varphi}{du}\,du$$

la discontinuité possible de φ au temps zéro étant éliminée de l'intégrale.

qui équivalent à la relation complexe

$$(5) \qquad A(\omega)\, e^{-ia(\omega)} = \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=\infty} e^{-i\omega u}\, d\varphi(u)$$

(4) montre que :

$$(6) \qquad A(0) \sin a(0) = 0.$$

(3) donne :

$$A(0) \cos a(0) = \varphi(\infty).$$

Si donc $\varphi(\infty) \neq 0$, $\sin a(0) = 0$. Le choix d'un sens convenable aux bornes de sortie permet de poser $a(0) = 2n\pi$; on a alors :

$$(7) \qquad A(0) = \varphi(\infty),$$

relation qui subsiste pour $\varphi(\infty) = 0$, $A(0)$ étant alors nul.

Remarquons qu'à une discontinuité de première espèce de φ, discontinuité c_i au temps τ_i correspond un terme $c_i\, e^{-i\omega\tau_i}$.

La formule (5) montre que A (ω) et $a(\omega)$ ne peuvent être choisis tous deux arbitrairement. Nous allons chercher quelle relation doit les lier.

Rappelons que

$$\int_\Omega e^{i\omega t} \frac{d\omega}{\omega} = 2\pi i\, 1(t).\ [1]$$

Nous tirons de (5) :

$$\int_\Omega A(\omega)\, e^{i(\omega t - a(\omega))} \frac{d\omega}{\omega} = \int_\Omega e^{i\omega t} \frac{d\omega}{\omega} \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=\infty} e^{-i\omega u}\, d\varphi$$

$$= \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=\infty} d\varphi \int_\Omega e^{i\omega(t-u)} \frac{d\omega}{\omega}$$

$$= 2\pi i \int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=\infty} d\varphi\, 1(t-u) = \begin{cases} 2\pi i\varphi(t) \text{ si } t > 0 \\ 0 \text{ si } t < 0 \end{cases}$$

d'où

$$(8) \qquad \varphi(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_\Omega A(\omega)\, e^{i(\omega t - a(\omega))} \frac{d\omega}{\omega} \qquad t > 0$$

1. Dans le présent article le symbole $\int_\Omega$ représente l'intégrale prise de $-\infty$ à $+\infty$, en évitant zéro, par un demi-cercle infiniment petit tracé au-dessous de l'axe réel.

et

$$(9) \quad 0 = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Omega} A(\omega)\, e^{i(\omega t - a(\omega))} \frac{d\omega}{\omega} \qquad t < 0$$

(8) équivaut à

$$(10) \quad \varphi(t) = \frac{A(0)}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} A(\omega) \sin(\omega t - a(\omega)) \frac{d\omega}{\omega}$$

obtenu en appliquant le principe de superposition à partir de

$$1(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \sin \omega t \frac{d\omega}{\omega}$$

$A(\omega)$ étant une fonction paire et $a(\omega)$ une fonction impaire.

(9) montre que l'application de ce principe pour $t < 0$ donne le résultat physiquement attendu.

Si (9) est satisfaite, on peut montrer que (8) est bien une solution de (5) ([1]).

On est assuré que la condition (9) est satisfaite si $A(\omega)\, e^{-ia(\omega)}$ est une fonction analytique de ω, uniforme (ou rendue telle) audessous de l'axe réel, et si l'intégrale $\int A(\omega)\, e^{i(\omega t - a(\omega))} \frac{d\omega}{\omega}$ prise le long du demi-cercle de l'infini tracé au-dessous de l'axe réel est nulle pour $t < 0$.

*
* *

Proposons-nous de chercher des filtres passe-bas d'un type simple, $A(\omega)\, e^{-ia(\omega)}$ étant de la forme :

$$(11) \qquad P(\omega) + \sqrt{\omega^2 - \omega_c^2}\, Q(\omega)$$

où $P(\omega)$ et $Q(\omega)$ sont des polynômes, ω_c la pulsation de coupure. Pour $\omega < \omega_c$, l'expression précédente s'écrit :

$$P(\omega) + j\sqrt{\omega_c^2 - \omega^2}\, Q(\omega).$$

L'affaiblissement sera nul si :

$$P^2 + Q^2(\omega_c^2 - \omega^2) = 1$$

1. Voir l'annexe à la fin de l'article.

c'est-à-dire si :

(12) $$P^2 - 1 = Q^2 (\omega^2 - \omega_c^2).$$

Si n est le degré de P, Q est de degré $n - 1$; les racines de Q annulent $P^2 - 1$ et sa dérivée $2P \frac{dP}{d\omega}$ nécessairement par le facteur $\frac{dP}{d\omega}$; Q et $\frac{dP}{d\omega}$ sont donc proportionnels, ayant le même degré, l'identification des termes de degré $2n$ permet d'écrire :

(13) $$P^2 - 1 = \frac{1}{n^2} \left(\frac{dP}{d\omega}\right)^2 (\omega^2 - \omega_c^2)$$

L'intégration est immédiate ; posant

(14) $$\frac{\omega}{\omega_c} = \sin \frac{\varphi}{2},$$

on trouve :

(15) $$P = \cos \left(n \frac{\varphi}{2} + \xi\right).$$

Pour que P s'exprime par un polynôme en ω, c'est-à-dire en $\sin \frac{\varphi}{2}$, il faut que ξ soit un multiple de π si n est pair, un multiple impair de $\frac{\pi}{2}$ si n est impair. L'angle de transmission sera $n \frac{\varphi}{2} + \xi$ et nous avons vu précédemment que, si $\varphi(\infty)$ (ou $A(0)$) est différent de 0 — cas du passe-bas — on a : $\sin a(0) = 0$. La seconde hypothèse est donc exclue. Il nous faut par suite poser $n = 2k$ et :

$$P = \cos (k\varphi + h\pi).$$

Le choix d'un sens convenable permet de supposer h pair, en particulier nul, et l'on trouve ainsi, dans la bande de passage :

(16) $$a(\omega) = k\varphi.$$

C'est la formule bien connue des lignes en échelle. A la limite et hors de la bande passante, $a(\omega) = k\pi$;
on trouve un facteur de transmission $e^{-k\psi}$ avec

$$\text{Ch} \frac{\psi}{2} = \frac{\omega}{\omega_c}.$$

Pour être certain que la condition (9) est vérifiée il suffit d'envisager l'expression :

$$P(\omega) - \frac{1}{2k}\frac{dP}{d\omega}\sqrt{\omega^2 - \omega_c^2} \tag{17}$$

où le radical est pris avec sa détermination positive pour $\omega > \omega_c$; suivons sa détermination le long de l'axe réel en décrivant au-dessous de cet axe, deux demi-cercles infiniment petits, de centres

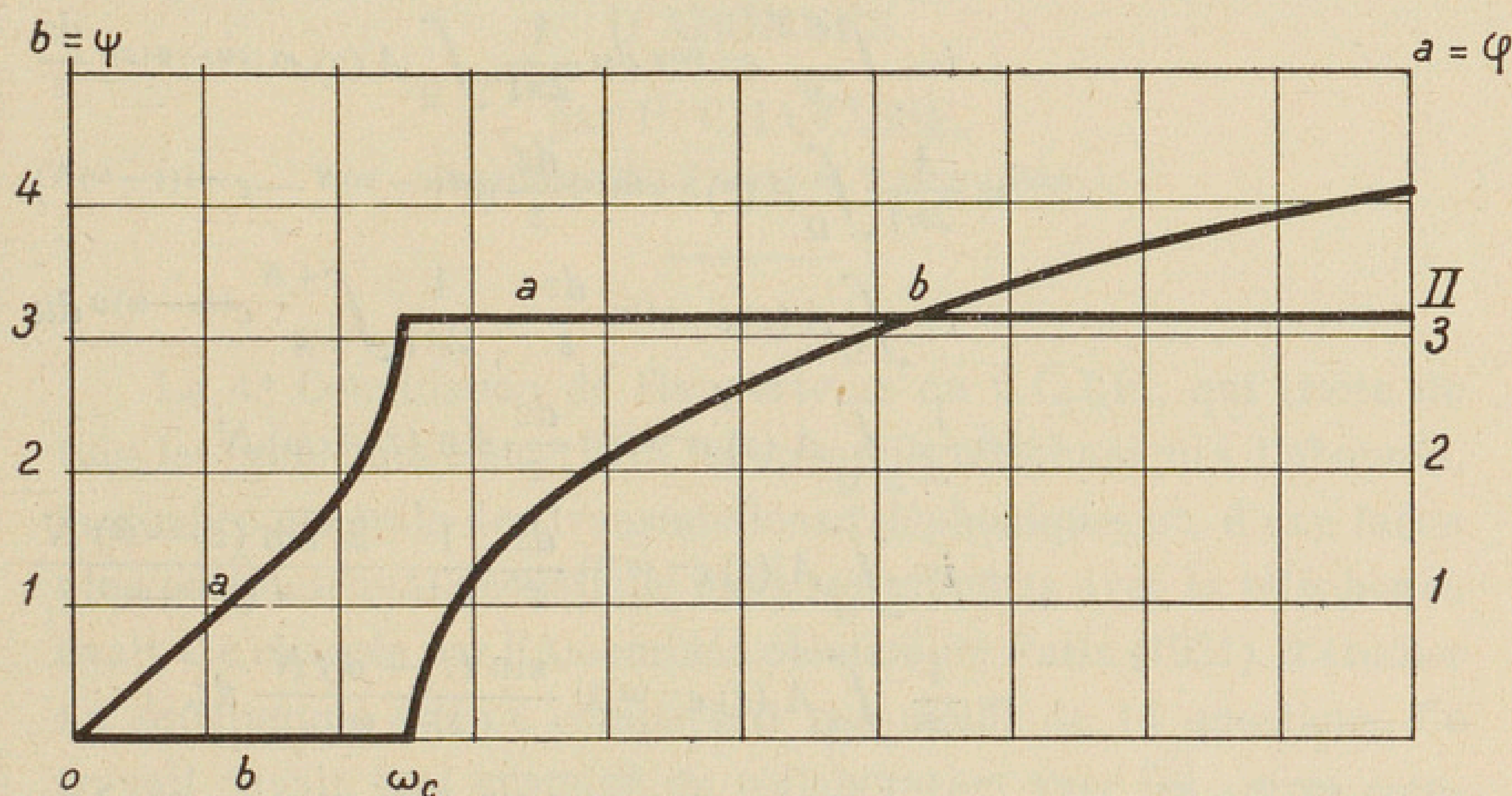


Fig. 2.

ω_c et $-\omega_c$; on vérifie aisément que cette détermination correspond bien au filtre.

La fonction (17) est rendue uniforme dans la région située au-dessous de l'axe réel, elle n'a pas de points singuliers dans cette région et la condition relative à l'intégrale suivant le demi-cercle de l'infini est remplie, ce qui suffit à établir que (9) est satisfaite.

La figure 2 donne l'affaiblissement et l'angle de transmission par cellule ($b = \psi$, $a = \varphi$) du filtre passe-bas en échelle dont on se sert pour le schéma des lignes pupinisées.

ANNEXE

On a en effet :

$$\int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=N} e^{-i\omega u}\, d\varphi = \Big[e^{-i\omega u}\, \varphi \Big]_0^N + i\omega \int_0^N \varphi\, e^{-i\omega u}\, du.$$

Puisque, en remplaçant φ (t) par son expression (8) on trouve, en vertu de (9), 0 pour les temps négatifs, on peut, dans la relation précédente, substituer à la limite 0 la limite — N, ce qui donne :

$$\int_{u=0,\ \varphi=0}^{u=N} e^{-i\omega u}\, d\varphi = e^{-i\omega N} \frac{1}{2\pi i} \int_\Omega A\,(z)\, e^{i(zN - a(z))} \frac{dz}{z}$$

$$- e^{i\omega N} \frac{1}{2\pi i} \int_\Omega A\,(z)\, e^{i(-zN - a(z))} \frac{dz}{z}$$

$$+ i\omega \int_{-N}^{+N} e^{-i\omega u}\, du \frac{1}{2\pi i} \int_\Omega A\,(z)\, e^{i(zu - a(z))} \frac{dz}{z}$$

$$= \frac{1}{2\pi i} \int_\Omega A\,(z)\, e^{-ia(z)} \frac{dz}{z} (e^{i(z-\omega)N} - e^{-i(z-\omega)N})$$

$$+ i\omega \int_\Omega A\,(z)\, e^{-ia(z)} \frac{dz}{z} \cdot \frac{1}{2\pi i} \int_{-N}^{+N} e^{i(z-\omega)u}\, du$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_\Omega A\,(z)\, e^{-ia(z)} \frac{dz}{z} \sin\,(z - \omega)\, N$$

$$+ i\omega \int_\Omega A\,(z)\, e^{-ia(z)} \frac{dz}{z} \frac{1}{2\pi i} \frac{2i \sin\,(z - \omega)\, N}{i\,(z - \omega}$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_\Omega A\,(z)\, e^{-ia(z)} \frac{\sin\,(z - \omega)\, N}{z - \omega}\, dz.$$

Il est bien connu que, si N tend vers l'infini, l'intégrale obtenue tend vers $\pi\ A\ (\omega)\ e^{-ia(\omega)}$

(8) est donc solution de (5) si la condition (9) est satisfaite, ce que nous nous proposions d'établir.

NOTES SUR DES QUESTIONS TRAITÉES A LA X[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU C. C. I. F. [1]

II. QUALITÉ DE TRANSMISSION ET APPAREILS D'ABONNÉS.

par P. CHAVASSE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

La 4e Commission de Rapporteurs du C.C.I.F., qui traite de tous les problèmes concernant les appareils téléphoniques d'abonnés, la qualité générale des transmissions téléphoniques et, d'une façon plus particulière, l'acoustique dans ses rapports avec la téléphonie, avait été chargée par l'Assemblée plénière de Paris (1931) d'étudier un programme qui ne comportait pas moins de 14 questions. Ce travail devait être examiné en collaboration avec les autres commissions de rapporteurs intéressées, notamment la 3e Commission (transmission) et la première Commission (protection). Les divers laboratoires d'acoustique téléphonique et spécialement le Laboratoire du S.F.E.R.T. ont d'autre part, pendant ces trois dernières années, exécuté de nombreuses expériences et recueilli les données numériques qui ont servi de bases aux spécifications adoptées par la dernière assemblée plénière (Budapest, septembre 1934).

Les principales questions ayant fait l'objet des discussions techniques concernent les points suivants :

1° Essais des appareils d'abonné ;

2° Etude de l'équivalent de transmission effective comprenant elle-même l'examen de trois facteurs :

A) réduction de netteté due aux bruits de salles ou de circuits ;

B) étude de la distorsion non-linéaire et de ses effets sur la netteté

1. Voy. *Annales des P.T.T.*, juillet 1935.

qu'il s'agisse soit de microphones d'abonnés, soit des circuits proprement dits ;

C) réduction de netteté due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises ;

3° Appareils pour la mesure des bruits de circuits (Psophomètres) ;

4° Etude complémentaire relative aux mesures de netteté.

La présente note résume les conclusions essentielles auxquelles ont abouti les échanges de vue qui ont eu lieu soit au sein de la 4e C. R., soit lors des réunions communes avec d'autres C. R., soit enfin au cours de l'Assemblée plénière.

1° Essai des appareils d'abonnés. — a) *Position normale de conversation.* — On sait que pour mesurer les caractéristiques téléphonométriques des appareils d'abonnés, il y a lieu de prendre certaines précautions spéciales tendant à normaliser les conditions d'essai. Il est, en particulier, indispensable de préciser une position moyenne de l'appareil téléphonique par rapport à l'opérateur téléphonomètre : on sait, en effet, que l'efficacité apparente ou équivalent de référence, d'un microphone, dépend, d'une façon très étroite, de son orientation par rapport à la bouche et de sa distance aux lèvres de l'usager. On a donc été amené à définir ce que l'on a dénommé la « position normale de conversation ». A cet effet on a mesuré aux Etats-Unis les dimensions caractéristiques de la tête d'un très grand nombre de personnes. La conclusion de ces mesures préliminaires avait été l'adoption des 3 valeurs suivantes :

$\alpha = 15^\circ 30'$

$\beta = 18^\circ$

$\delta = 14$ cm.

α est l'angle entre le plan du pavillon du récepteur téléphonique et la droite joignant le centre de ce pavillon au point milieu de la bouche (qui coïncide avec le centre de l'anneau de garde).

β est l'angle que fait la « direction de conversation » avec l'intersection du plan du pavillon récepteur téléphonique appliqué contre l'oreille et du plan, passant par les centres des oreilles et le milieu de la bouche. (On appelle « direction de conversation », la droite inter-

section du plan de symétrie de la tête de l'opérateur et du plan passant par les centres des oreilles et le milieu de la bouche.

δ est la distance entre le centre de l'anneau de garde et le point d'intersection du plan de base du récepteur avec l'axe de ce récepteur. A la suite de nouvelles mensurations effectuées dans divers pays européens, il avait été proposé de modifier les valeurs précédemment adoptées et de les remplacer par les suivantes :

$\alpha = 22^{o}$

$\beta = 12^{o}54'$

$\delta = 13,6$ cm.

Des expériences exécutées par le laboratoire du système de référence sur des appareils appartenant respectivement aux administrations allemande, britannique, française et suédoise ont montré que cette modification des conditions d'essai diminuerait de 3,5 décibels environ l'équivalent de référence des appareils d'abonnés. Aussi a-t-on estimé qu'il n'y avait pas lieu de donner suite à la nouvelle proposition et que l'on devait s'en tenir aux anciennes spécifications.

b) *Puissance vocale, volume.* — Pour caractériser l'intensité de la voix ou des courants téléphoniques au cours d'une communication ou pendant un essai téléphonométrique, on a recours à la notion de « volume » qui a été substituée à celle, jusqu'ici utilisée, de puissance vocale. Cette notion doit son importance au fait que, pour empêcher la formation d'harmoniques nuisibles et conserver un caractère naturel ou intelligible aux sons musicaux et vocaux au cours de leur transformation en courants électriques et de la transmission de ces courants sur un circuit, les valeurs relatives des intensités des diverses composantes doivent être respectées dans tout le domaine des fréquences utiles. Il est donc nécessaire de s'assurer que les amplitudes des intensités, des tensions ou des pressions ne dépassent jamais une valeur telle que les divers appareils entrant dans la constitution de la liaison téléphonique (y compris les appareils terminaux) ne puissent la transmettre sans distorsion par suite d'une saturation ou d'une courbure de leurs caractéristiques.

D'un autre côté, ces amplitudes doivent demeurer notablement

supérieures à celles des courants parasites afin de réduire au minimum la gêne apportée par ces derniers.

Pour définir des conditions techniques relatives à ces divers problèmes on a dû préciser la notion de « volume » quantité paraissant par elle-même assez peu susceptible d'être enfermée dans le cadre d'une spécification physico-mathématique rigide. Cette difficulté a été résolue par la création d'appareils de mesure du genre voltmétrique ayant des caractéristiques exactement connues et contrôlables sous le rapport des 3 facteurs suivants :

α) durée d'intégration (en millisecondes),

β) durée de retour de l'aiguille au zéro (en millisecondes),

γ) loi d'addition des composantes des diverses fréquences.

Quatre catégories d'appareils répondant à diverses spécifications de ces trois facteurs ont été définies et classées par le tableau qui est donné ci-dessous :

TYPE d'appareil utilisé comme volumètre.	DURÉE d'intégration en millisecondes.	DURÉE de retour de l'aiguille au zéro en millisecondes.	LOI d'addition des composantes de diverses fréquences.	EMPLOI
1. Indicateur de volume.	200	200	quadratique	Réglage du volume au cours d'une conversation suivie aux Etats-Unis d'Amérique. Cet appareil est utilisé d'une façon générale dans tous les cas.
2. Indicateur d'impulsions moyennes.	200	2.000	linéaire	Réglage du volume au cours d'une conversation suivie ou lors de l'émission d'une série de logatomes ou d'un seul logatome.
3. Indicateur d'impulsions maxima.	20	2.000	linéaire	Appréciation du volume d'un logatome isolé ou des pointes de puissance au cours d'une trasmission, afin d'éviter la surcharge.
4. Indicateur de crête.	2	2.000	linéaire	Appréciation de l'importance d'une pointe de puissance afin d'éviter la surcharge.

De nombreuses recherches ont été exécutées à l'aide de ces appareils par diverses administrations, afin de préciser l'ordre de

grandeur du volume, au cours d'une communication téléphonique normale. On a obtenu, dans certains cas, comme valeur probable de la tension maximum mesurée au point de niveau relatif zéro, 0,27 V (Rapport de l'Administration allemande). — Dans d'autres cas (Administration britannique), on a trouvé 10 % seulement des valeurs mesurées supérieures à 5 décibels au-dessus de 6 mW (puissance de référence) et une valeur moyenne inférieure de 15 décibels à 6 mW. Des essais américains ont conduit à des valeurs du même ordre.

Les variations du volume sont donc très importantes et ceci explique pourquoi l'on n'est pas encore parvenu à définir le « volume normal », utilisé par les essais téléphonométriques par un nombre donné de mW. Ce volume normal reste donc caractérisé à l'aide du voltmètre du système de référence associé avec le système émetteur de ce système de référence.

Malgré ces difficultés de principe on parvient à comparer entre eux, avec une exactitude très suffisante pour les besoins de la pratique, les indicateurs de volume. Des mesures ont été effectuées à cet égard par le laboratoire du S.F.E.R.T., afin de rendre comparables entre eux les travaux effectués dans les différents laboratoires de téléphonométrie. Il est possible d'indiquer la concordance satisfaisante obtenue lors d'étalonnages exécutés au Laboratoire du S.F.E.R.T. par 11 opérateurs ou opératrices de nationalités allemande, anglaise et française prononçant respectivement les 6 phrases suivantes utilisées pour les essais téléphonométriques dans divers pays européens.

1° Paris, Bordeaux, Le Mans, Saint-Leu, Léon, Loudun.
2° One, two, three, four, five, one two, three, four, five.
3° Joe took father's shoe bench out.
4° She was waiting at my lawn.
5° Berlin, Hamburg, München, Koblentz, Leipzig, Dortmund.
6° Eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn.

c) *Equivalent de référence de l'effet local.* — L'équivalent de transmission de l'effet local, qui définit d'une manière physique la quantité relative de son parvenant à l'oreille de l'abonné quand il parle devant le microphone d'un poste téléphonique, est une

grandeur qui a pris une grande importance, surtout depuis que son influence a été mise en évidence au cours des essais de netteté exécutés au milieu de bruits de caractéristiques diverses. On sait que cet effet est caractérisé par le nombre d'unités de transmission qu'il faut introduire dans le Système Fondamental de référence pour que les deux systèmes de transmission : système fondamental de référence, d'une part, microphone, poste d'abonné, récepteur, d'autre part, soient équivalents sous le rapport de la transmission du volume des sons. Jusqu'ici aucune spécification n'a été précisée en ce qui concerne la valeur la plus favorable de cet effet local.

d) *Appareils permettant la mesure mécanique des microphones ou des récepteurs.* — Le C.C.I.F. se préoccupe depuis plusieurs années de la possibilité de réaliser des appareils qui pourraient être substitués à la voix et à l'oreille humaines pour les essais téléphonométriques exécutés en grande série. Les échanges de vue de Stockholm et de Budapest sont résumés par les deux séries de spécification suivantes.

Voix artificielle. — Directives pour l'étude d'un appareil destiné à remplacer la voix humaine dans les essais téléphonométriques.

Les résultats obtenus avec l'appareil doivent correspondre autant que possible aux résultats obtenus par des mesures à la voix.

En ce qui concerne la bande des fréquences effectivement transmises, il est désirable qu'elle comprenne la majeure partie de la bande utilisée dans la conversation Une bande de fréquences comprise entre 100 et 8000 p : s semble convenir pour une voix artificielle qui doit servir pour des essais de netteté.

Il importe que le champ acoustique devant l'appareil ait une distribution semblable, autant que possible, à celle du champ acoustique devant la bouche de la personne qui parle. Ceci peut être mis en évidence en déterminant la variation de l'efficacité en fonction de la distance de la bouche au microphone ; pour un type de microphone à essayer, cette variation doit être la même dans les essais faits avec la bouche artificielle et dans les essais effectués par les opérateurs.

L'appareil doit être capable de fournir sans distorsion non-linéaire une puissance acoustique supérieure de 16 décibels à la

puissance vocale normale pour les essais téléphonométriques.

L'expérience acquise indique non seulement qu'il est nécessaire que le diagramme de distribution de l'énergie des sons émis par l'appareil corresponde à celui des sons de la voix humaine, mais encore qu'il est désirable que l'amplitude des sons varie d'une manière analogue à celle de la conversation suivie.

L'appareil doit être stable et susceptible d'une reproduction exacte. Les spécifications des appareils destinés uniquement aux essais d'efficacité des microphones doivent faire l'objet de recherches ultérieures.

Oreille artificielle. — Directives pour l'étude d'un appareil destiné à remplacer l'oreille humaine dans les essais téléphonométriques.

Les résultats obtenus avec l'appareil doivent correspondre autant que possible aux résultats obtenus par des mesures avec l'oreille.

En ce qui concerne la bande des fréquences effectivement reçues, il est désirable qu'elle comprenne la partie principale de la bande utilisée dans la conversation. Une bande de fréquences comprises entre 100 p : s et 6000 p : s paraît être convenable comme but à atteindre.

L'appareil doit offrir à la réception une impédance acoustique semblable à celle de l'oreille humaine. Pour réaliser cette condition, il doit être muni d'un dispositif de réglage de l'impédance acoustique qui doit être ajusté, pour chaque type de récepteur essayé, de manière à offrir une impédance comparable à celle obtenue quand le même type de récepteur est utilisé avec une oreille humaine normale. L'impédance acoustique utilisée pour chaque type de récepteur doit être mentionnée lorsqu'on indique les résultats.

L'appareil doit avoir une sensibilité telle qu'il donne des résultats satisfaisants dans tout l'intervalle de variation du volume normalement utilisé pour les essais téléphonométriques.

L'appareil doit être stable et susceptible d'une reproduction exacte.

e) *Communications collectives. Spécification et essais des postes téléphoniques d'abonnés susceptibles d'échanger des communications*

internationales et comportant soit des récepteurs haut-parleurs, soit des microphones à grande sensibilité associés à des amplificateurs. — On sait que les communications collectives entre plusieurs abonnés situés dans des villes différentes tendent à sortir du domaine du laboratoire et à introduire chez les abonnés des appareils émetteurs ou récepteurs du type analogue à ceux que l'on utilise en radiodiffusion. La 4e commission de rapporteurs a donc été naturellement saisie de l'étude technique des problèmes posés par la réalisation et l'exploitation d'installations de ce genre. Après examen de la question, elle a estimé qu'il était prématuré d'imposer dès maintenant des caractéristiques bien spécifiées aux postes téléphoniques d'abonnés susceptibles d'échanger des communications internationales et comportant soit des récepteurs haut-parleurs, soit des microphones du type radiodiffusion associés à des amplificateurs. Elle a simplement proposé de poursuivre l'étude de cette question et demandé aux administrations ou exploitations privées utilisant des appareils de cette espèce d'en communiquer des descriptions sommaires et de donner des indications précises sur la manière dont ils doivent être utilisés. La question reste donc à l'ordre du jour du C.C.I.F.

2. **Etude des équivalents de transmission effective.** — La notion d'équivalent de transmission effective a été introduite assez récemment pour tenir compte de tous les facteurs qui interviennent dans une liaison téléphonique et représenter leur effet sous la forme d'un accroissement ou d'une diminution de l'affaiblissement de la ligne artificielle d'un système de transmission comportant un bruit de salle typique, un bruit de ligne typique et une distorsion déterminée. Cette variation de l'affaiblissement a pour but de rendre égales les qualités de transmission des deux systèmes considérés, la qualité de transmission étant d'ailleurs à évaluer au moyen d'un critérium approprié. Ce critérium peut être soit la netteté ou intelligibilité, soit le taux de répétition ou nombre de demandes de répétition pour 100 s. de communication effective.

En vue de réunir des éléments d'information suffisamment nombreux et de les comparer aux éléments correspondants obtenus

en Amérique, le C.C.I.F. a fait entreprendre par le Laboratoire du S.F.E.R.T. un grand nombre d'essais ayant pour but d'étudier l'influence sur la netteté des divers éléments qui peuvent altérer la qualité des transmissions.

A cet effet les administrations allemande, britannique et française ont mis à la disposition du S.F.E.R.T. des appareils microtéléphoniques d'un usage courant pour les communications interurbaines. En outre un câble d'expérience réalisé par la Société Lignes télégraphiques et téléphoniques à Conflans-Sainte-Honorine et relié par circuits spéciaux au Laboratoire international permettait de reproduire une communication dont les éléments étaient réglables à volonté. Enfin un bruit de salle variable de 45 à 60 décibels était produit dans la cabine d'écoute au moyen d'un pick-up associé à un haut-parleur et mesuré subjectivement au moyen d'un appareil de Barkhausen.

Après une étude préliminaire de la variation de la netteté en fonction de l'équivalent de référence de la liaison téléphonique constituée par deux postes d'abonnés de chacun des types précités et une ligne d'affaiblissement variable sans déformation, on a expérimenté l'influence sur la netteté des facteurs suivants.

A. Bruits de circuit. — Les bruits de circuit typiques qui ont été examinés étaient d'origines très diverses :

Mélange de fréquences convenablement choisies 350 p : s, 450 p : s, 850 p : s, soigneusement filtrées et dosées de manière que chaque composante ait une amplitude inversement proportionnelle au poids que lui attribue la courbe caractéristique du psophomètre ;

Harmoniques dus à un redresseur hexaphasé ;

Murmure confus ou bruit dû aux diaphonies multiples que l'on constate dans une communication interurbaine. A cet effet une liaison téléphonique spéciale avec amplificateur réunissait le Laboratoire du système de référence à un circuit non exploité d'un câble téléphonique à grand trafic aboutissant à l'interurbain de Paris.

Le circuit téléphonique sur lequel étaient exécutées les mesures était un circuit 4 fils à charge légère de 500 km de longueur réglé de manière à avoir un équivalent global égal à zéro.

B. Distorsion non-linéaire. — Le dernier point examiné était

l'effet, sur la netteté, de la distorsion non-linéaire du circuit interurbain et des microphones.

Distorsion non-linéaire du circuit interurbain. — Pour mettre en évidence l'importance de la distorsion non-linéaire dans le cas d'un circuit interurbain, on a exécuté des mesures de netteté sur un circuit de 2000 km à 4 fils à charge légère, réglé ici encore de manière à avoir un équivalent de transmission à 800 p : s égal à zéro. Au moyen d'un amplificateur, on faisait varier le niveau moyen de conversation à la sortie du 1er répéteur de manière à avoir successivement en ce point les niveaux de puissance calculés : — 14, + 6, + 12, + 18 décibels par rapport à 6 mW. Un affaiblissement complémentaire était inséré avant les postes récepteurs pour maintenir constamment le niveau de réception auditive à sa valeur normale.

La distorsion non-linéaire était caractérisée par les 3 procédés suivants : variation apparente de l'équivalent de transmission, effet de flottement, analyse harmonique.

Contrairement à ce que l'on pouvait supposer, l'effet de réduction d'intelligibilité dû à la distorsion non-linéaire n'apparait que pour des puissances très élevées et en général supérieures à la puissance des courants téléphoniques au cours d'une communication normale. Il résulte en effet des expériences exécutées aussi bien en Angleterre qu'en Allemagne et au Laboratoire du S.F.E.R.T. que, jusqu'à une puissance de 6 mW calculée à la sortie du premier répéteur, il n'y a pratiquement aucune réduction de netteté et que, même pour un niveau de puissance supérieur de 10 décibels à la puissance de référence, on obtient encore des communications intelligibles, mais dont le timbre est très altéré.

On note toutefois que, pour des effets de non-linéarité marquée, la netteté baisse plus vite pour des circuits à fréquence de coupure plus élevée que pour des circuits à fréquence de coupure plus basse.

Distorsion non-linéaire des microphones. — Parallèlement à la non-linéarité des circuits, on a été conduit à étudier la non-linéarité des microphones et l'influence sur leurs caractéristiques de chan-

gements importants dans le volume de voix utilisé pour les essais téléphonométriques. Les microphones ont d'ailleurs réagi d'une manière très diverse, les uns ne subissant aucune modification d'efficacité, les autres, au contraire, ayant de ce chef un équivalent de référence décroissant quand le volume de la voix augmente ou inversement. Les variations correspondantes sont toutefois limitées et ne dépassent guère 3 à 4 décibels, même pour des volumes de voix croissant de — 5 à + 10 décibels par rapport au volume normal Ce fait explique peut-être que la netteté de ces appareils n'ait pas paru sensiblement influencée par des modifications du volume, pourvu, bien entendu, que l'équivalent global de transmission soit ramené à une valeur constante et que les variations de volume de voix soient compensées par des variations de la ligne d'affaiblissement. Une réponse définitive à cette question de la non-linéarité des microphones est toutefois différée et le problème demeure à l'étude.

C. Réduction de netteté due à la limitation de la bande des fréquences effectivement transmises. — Cette question qui est toujours à l'étude a déjà fait l'objet de mesures préliminaires au laboratoire du S.F.E.R.T. Elle a été entreprise avec des filtres passe-bas ayant des fréquences maximum effectivement transmises respectivement égales à 1900, 2430, 2960, 3600 p : s et avec des filtres passe-haut ayant des fréquences minimum effectivement transmises respectivement égales à 350, et 520 p : s. Les appareils téléphoniques utilisés ont été successivement les systèmes émetteur et récepteur du S.F.E.R.T. réglés au niveau moyen des appareils commerciaux d'abonnés au téléphone et les appareils à microtéléphones combinés allemands, britanniques et français. Les essais ont été successivement effectués sur ces systèmes avec un équivalent de référence « nominal » de 20, puis de 30 décibels. En raison de l'accroissement appréciable de netteté obtenue en faisant croître la limite supérieure de la fréquence de coupure des filtres passe-bas considérés malgré la distorsion propre des appareils d'abonnés, l'A.P. a décidé de recommander qu'à l'avenir on emploie, pour les circuits internationaux dont la longueur totale entre les bureaux têtes de ligne inter-

nationale extrêmes ne dépasse pas 3000 km, des circuits à 4 fils transmettant effectivement une bande de fréquences de 300 à 2600 p : s.

En ce qui concerne les circuits à 2 fils, on a admis qu'il était désirable qu'ils soient à l'avenir établis seulement pour écouler un trafic terminal entre bureaux internationaux dont la distance à vol d'oiseau ne dépasse pas 300 km, à moins cependant qu'il soit possible de réaliser des circuits à 2 fils de grande longueur remplissant les mêmes conditions que les circuits à 4 fils, non seulement en ce qui concerne la distorsion d'affaiblissement, mais aussi en ce qui concerne les autres caractéristiques essentielles des circuits internationaux.

3. Appareils pour la mesure des bruits de circuits. — Spécification des psophomètres. — Comme suite aux expériences exécutées au laboratoire du S.F.E.R.T. et par les diverses administrations téléphoniques relativement aux caractéristiques à donner aux psophomètres à utiliser sur les circuits téléphoniques commerciaux, le C.C.I.F. a admis les deux tableaux de valeur ci-après qui donnent les poids ou valeurs relatives des effets perturbateurs moyens des diverses fréquences, lorsque la valeur de la tension réelle aux bornes d'un récepteur téléphonique est la même pour chaque fréquence. Chaque poids est indiqué en valeur relative par rapport au poids correspondant à la fréquence 800 p : s. En regard de ces valeurs relatives sont inscrites leurs expressions en unités de transmission (népers ou décibels).

Le psophomètre doit comporter un réseau filtrant associé à un instrument de mesure. Ses caractéristiques sont telles que, si on applique à l'entrée du psophomètre une tension alternative de fréquence déterminée, la valeur indiquée par l'instrument de mesure soit proportionnelle au poids de cette fréquence.

Ces caractéristiques doivent s'écarter le moins possible des valeurs figurant dans le tableau I ; de toute façon les écarts ne doivent pas dépasser les limites de tolérance spécifiées dans le tableau II. En outre, le point d'ordonnée maximum de la courbe devra se trouver entre 1000 et 1100 p : s.

TABLEAU 1

Tableau des poids

ABSCISSES : fréquences.	ORDONNÉES : POIDS		
	en valeurs relatives.	en népers.	en décibels.
16,7	0,115	— 9,07	— 78,8
50	2,48	— 6,00	— 52,1
60	4,10	— 5,50	— 47,7
100	15,0	— 4,20	— 36,5
150	46,0	— 3,08	— 26,7
180	80,0	— 2,53	— 21,9
200	105	— 2,25	— 19,6
300	300	— 1,20	— 10,5
400	400	— 0,92	— 8,0
500	472	— 0,75	— 6,5
600	560	— 0,58	— 5,0
700	705	— 0,35	— 3,0
800	1.000,0	0,00	0,0
900	1.405	+ 0,34	+ 3,0
1.000	1.840	+ 0,61	+ 5,3
1.050	1.880	+ 0,63	+ 5,5
1.100	1.770	+ 0,57	+ 5,0
1.200	1.260	+ 0,23	+ 2,0
1.300	795	— 0,23	— 2,0
1.400	527	— 0,64	— 5,6
1.500	419	— 0,87	— 7,6
1.600	353	— 1,04	— 9,0
1.800	289	— 1,24	— 10,8
2.000	254	— 1,37	— 11,9
2.200	225	— 1,49	— 13,0
2.400	200	— 1,61	— 14,0
2.600	177	— 1,73	— 15,0
2.800	159	— 1,84	— 16,0
3.000	141	— 1,96	— 17,0
3.500	80,0	— 2,53	— 21,9
4.000	45	— 3,10	— 26,9
5.000	19	— 3,96	— 34,4

Note. — Les « valeurs relatives » indiquées ci-dessus doivent être prises pour base ; les nombres correspondants de népers et de décibels ont été arrondis.

TABLEAU II

TOLÉRANCES

50 à 60 p : s	± 2 décibels	ou ± 0,23 néper
60 à 150 p : s	± 3 décibels	ou ± 0,35 néper
150 à 400 p : s	± 2 décibels	ou ± 0,23 néper
400 à 800 p : s	± 1 décibels	ou ± 0,12 néper
800 p : s	0 décibel	
800 à 1800 p : s	± 1 décibel	ou ± 0,12 néper
1800 à 3000 p : s	± 3 décibels	ou ± 0,35 néper
3000 à 5000 p : s	± 5 décibels	ou ± 0,58 néper

En outre, le point d'ordonnée maximum de la courbe devra se trouver entre 1000 et 1.100 p : s.

Il faut que les caractéristiques du psophomètre soient aussi stables que possible dans les conditions pratiques d'utilisation, c'est-à-dire malgré les transports, les changements de température, etc...

Instrument de mesure. — L'instrument de mesure doit être gradué de telle sorte que, lorsqu'on applique aux bornes d'entrée du psophomètre une tension de 800 p : s la lecture sur l'instrument soit égale à la valeur de la tension appliquée.

Dans le cas d'un mélange de fréquences, l'indication de l'instrument doit être égale à la racine carrée de la somme des carrés des lectures qui correspondraient à chaque composante si celle-ci existait seule.

Remarque. — Appareil pour la mesure objective des bruits de salle. — En ce qui concerne la mesure objective de l'intensité acoustique des bruits de salle, mesure qui intéresse évidemment les administrations téléphoniques quand il s'agit d'installer des postes dans des locaux publics ou privés qui peuvent être plus ou moins bruyants, plusieurs suggestions et études techniques ont été examinées par le C.C.I.F. relativement à des « sonomètres », ou appareils construits pour ce genre de mesures. L'assemblée plénière, considérant que la question des sonomètres était d'ordre général et

dépassait les limites d'une application purement téléphonique a estimé :

qu'il était d'une grande importance que des caractéristiques normalisées puissent être adoptées internationalement pour les sonomètres ;

que ces appareils devaient avoir des caractéristiques dynamiques telles que leurs indications correspondent autant que possible à l'appréciation par l'oreille des bruits d'intensité rapidement variables ;

que la réalisation et le maniement de ces appareils devaient être aussi simples que possible ;

qu'il serait désirable que le C.C.I.F. se mît en rapport à ce sujet avec la Commission Electro-Technique Internationale, notamment pour le choix de l'échelle à adopter pour la graduation de l'appareil. Cette question est en effet d'un ordre très général et intéresse non seulement les téléphonistes mais tous les acousticiens.

4. Etude complémentaire relative aux mesures de netteté. — En vue de rendre comparables entre eux les divers résultats obtenus par diverses équipes ou par une même équipe à des intervalles de temps variables, il a été jugé nécessaire de caractériser chaque équipe à un instant déterminé par un certain nombre que l'on appelle « coefficient de pratique expérimentale ». Deux méthodes principales ont jusqu'ici été utilisées à cet effet : la première mise au point aux Etats-Unis d'Amérique repose essentiellement sur la comparaison des résultats relevés sur un certain nombre de circuits typiques représentant les cas qui se rencontrent le plus fréquemment dans le service.

La deuxième méthode qui est due à M. Collard est une conséquence logique de la théorie qu'il a imaginée pour interpréter et calculer *à priori* les valeurs de netteté que l'on peut obtenir sur un système de transmission ayant des caractéristiques connues. Son principe repose sur la décomposition en « bandes de fréquences » élémentaires, chaque son étant caractérisé par un certain nombre de ces bandes qui, lorsqu'elles sont correctement reçues, permettent de reconstituer et de reconnaître les sons. M. Collard a donné des

formules grâce auxquelles on peut calculer la netteté d'un système de transmission, quand on connaît ses caractéristiques et le coefficient de pratique de l'équipe d'opérateurs. Ce coefficient peut être déterminé en utilisant un circuit de propriétés transmissives connues, en fait un filtre passe-bas ayant comme fréquence de coupure 1700 périodes p : s, pour lequel on connaît, par un ensemble de mesures et de calculs très simples, la valeur de la netteté pour les bandes. Il faut admettre pour justifier ce procédé que le coefficient de pratique varie peu avec la nature des systèmes expérimentés. Cette hypothèse est vraisemblable quand ces systèmes sont de structures sensiblement voisines, comme c'est le cas, par exemple, pour des appareils microtéléphoniques d'abonnés, ou du moins ne présentent pas de singularités exceptionnelles dans leurs propriétés transmissives.

Le « nombre de référence » (netteté pour les bandes pour le filtre considéré), indiqué primitivement par M. Collard, avait pour valeur 0,65 mais n'était applicable qu'aux logatomes anglais. Aussi a-t-on décidé d'entreprendre au Laboratoire du S.F.E.R.T. des essais en vue de la détermination de ce coefficient pour des logatomes esperanto.

III. COORDINATION DE LA TÉLÉPHONIE ET DE LA RADIOTÉLÉPHONIE,

par A. LABROUSSE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

La 5ème Commission de Rapporteurs qui, sous la présidence de M. Le Corbeiller, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, était chargée de l'étude des questions intéressant à la fois la téléphonie et la radiotéléphonie, avait préparé lors de sa réunion de Stockholm des projets d'avis qui furent adoptés intégralement par l'Assemblée plénière de Budapest.

Elle avait étudié en particulier les conditions à imposer aux dispositifs de réglage automatique du volume insérés sur un circuit radiotéléphonique au point de jonction entre la liaison radioélectrique et le réseau téléphonique public. Ces dispositifs ont pour but

de procurer au radioémetteur une profondeur de modulation suffisante et sensiblement constante malgré les variations du volume provenant de l'abonné qui parle.

L'A.P. a émis l'avis qu'il convenait d'insérer de tels dispositifs sur les liaisons radiotéléphoniques et que les conditions auxquelles ils devaient satisfaire étaient provisoirement les suivantes (les valeurs numériques étant données à titre indicatif) :

La vitesse de réglage du gain et les autres caractéristiques de fonctionnement du régulateur doivent être telles qu'elles ne produisent aucune réduction appréciable soit de la qualité de la transmission, soit du naturel de la conversation, dans toute la bande des fréquences dans laquelle le régulateur doit fonctionner (250 à 2750 p : s).

Un régulateur automatique de volume peut être défini d'une manière suffisante par la donnée de sa caractéristique en régime permanent (caractéristique statique) et par les durées de ses périodes transitoires initiale et finale.

La caractéristique statique doit être telle que, pour une variation du volume à l'entrée de 5 népers, le volume à la sortie reste constant à $\pm$ 0,3 néper près ; pour un volume à l'entrée très faible et situé au-dessous de l'intervalle de régulation précédemment défini, le gain du régulateur doit demeurer constant, c'est-à-dire que le volume à la sortie variera proportionnellement au volume à l'entrée.

Les périodes transitoires initiale et finale du régulateur peuvent être différentes ou égales.

Si elles sont différentes, la période transitoire initiale doit être de l'ordre d'une fraction de la durée d'un logatome afin que l'appareil s'ajuste rapidement à la valeur que prend le volume des courants vocaux après un moment de silence ; la période transitoire finale doit être de l'ordre de la durée de plusieurs logatomes afin que les variations du volume lors de l'émission de plusieurs syllabes consécutives soient conservées et que le naturel de la voix soit ainsi respecté. De plus, en vue d'éviter le fonctionnement intempestif des suppresseurs de réaction, il est nécessaire que le gain du régulateur ne s'élève pas, durant les périodes de silence, au-dessus d'une valeur déterminée.

Lorsque les périodes transitoires initiale et finale sont égales, elles doivent être de l'ordre de la durée de plusieurs logatomes afin de respecter le naturel de la voix ; mais dans ce cas, afin d'éviter une surcharge du radioémetteur au début d'une émission vocale nouvelle, il est nécessaire que le régulateur conserve pendant les intervalles de silence, un gain voisin de celui qu'il avait lorsque l'abonné a cessé de parler.

Enfin il est désirable que le régulateur ne soit pas actionné par des bruits d'origine étrangère ; dans ce but, on pourra le rendre insensible aux excitations dont les fréquences sont en dehors de la bande de 600 à 2000 p : s.

L'A. P. a également décidé de mettre à l'étude les conditions auxquelles doivent satisfaire les correcteurs d'évanouissement placés à l'extrémité réceptrice d'une liaison radiotéléphonique en vue d'assurer la constance approximative du volume que le radio-récepteur fournit au réseau téléphonique terrestre malgré les variations considérables de l'intensité du signal radioélectrique reçu.

D'autre part l'A.P. avait à préciser la meilleure méthode à utiliser pour relier ensemble deux circuits radiotéléphoniques au moyen d'un circuit terrestre à quatre fils aussi bien au point de vue de la transmission qu'au point de vue de l'exploitation.

Au point de vue de la transmission, l'A.P. a constaté que dans certains cas, la méthode habituelle de connexion en tandem des trois circuits donne des résultats satisfaisants ; s'il n'en est pas ainsi, l'A.P. recommande d'utiliser l'un des procédés suivants qui sont susceptibles de produire des améliorations notables :

a) mise hors circuit des suppresseurs de réaction placés aux points de jonction du circuit terrestre intermédiaire et des liaisons radio-téléphoniques.

b) mise hors circuit du suppresseur d'échos placé sur le circuit terrestre intermédiaire, surtout si les deux moitiés de ce suppresseur d'échos sont placées respectivement aux deux extrémités de ce circuit.

c) réglage de la sensibilité des dispositifs de blocage à une valeur telle qu'ils effectuent la discrimination entre les bruits et les courants de conversation, l'écart entre les deux étant supposé suffisant.

Au point de vue de l'exploitation, l'A.P. recommande que dans le cas de communications empruntant plusieurs circuits radiotéléphoniques, les administrations et exploitations privées se mettent chaque fois d'accord pour déterminer le circuit sur lequel les demandes de communication doivent prendre rang ainsi que l'unique bureau tête de ligne chargé de classer ces demandes.

L'A.P. a également décidé de mettre à l'étude les mesures à prendre pour éviter le fonctionnement intempestif, sous l'action des bruits perturbateurs, des suppresseurs d'échos ou des suppresseurs de réaction existant dans une communication téléphonique internationale utilisant des circuits radiotéléphoniques et des circuits terrestres.



LE NOUVEAU MATÉRIEL ADMINISTRATIF DE RÉPARTITEUR POUR LES PETITS BUREAUX,

par P. REYROLES,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. Introduction.

Les bureaux téléphoniques ayant un petit nombre d'abonnés sont en France les plus nombreux. Leur répartition au début de l'année 1934 était la suivante :

bureaux de 1 à 5 abonnés : 13748 ;
bureaux de 6 à 10 abonnés : 3351 ;
bureaux de 11 à 20 abonnés : 2414 ;
bureaux de 21 à 50 abonnés : 1931 ;
bureaux de 50 à 200 abonnés : 1141.

D'après les dispositions réglementaires relatives à la protection des installations téléphoniques contre les décharges atmosphériques et les courants industriels, l'arrivée des lignes dans les bureaux s'effectuait jusqu'à ce jour dans les conditions suivantes.

1° **Bureaux de moins de 14 abonnés** (équipés depuis 1911 avec des tableaux extensibles ou des tableaux Routin). — Les câbles de ligne s'épanouissent sur des réglettes (n° 283-10) de coupe-circuits 3A et paratonnerres combinés du modèle Gardy, placées le plus près possible de leur point d'entrée. Des câbles sous soie, coton et plomb relient les lignes à des coupe-circuits 1A portés par les réglettes du tableau extensible. On laisse une certaine longueur aux fils aboutissant au tableau en vue d'une répartition éventuelle.

2° **Bureaux téléphoniques équipés avec des standards comportant moins de 500 abonnés.** — Les répartiteurs qu'on emploie

pour ces installations sont l'élément de répartiteur extensible (N° 283-51) et le panneau mural de répartition (n° 283-52) créés par la circulaire n° 1654-E. Tp du 12 janvier 1921. Le panneau mural de répartition est utilisé dans les bureaux de moins de 100 abonnés ; les éléments de répartiteur extensible, dans les bureaux plus importants. L'arrivée des câbles de ligne se fait sur des châssis

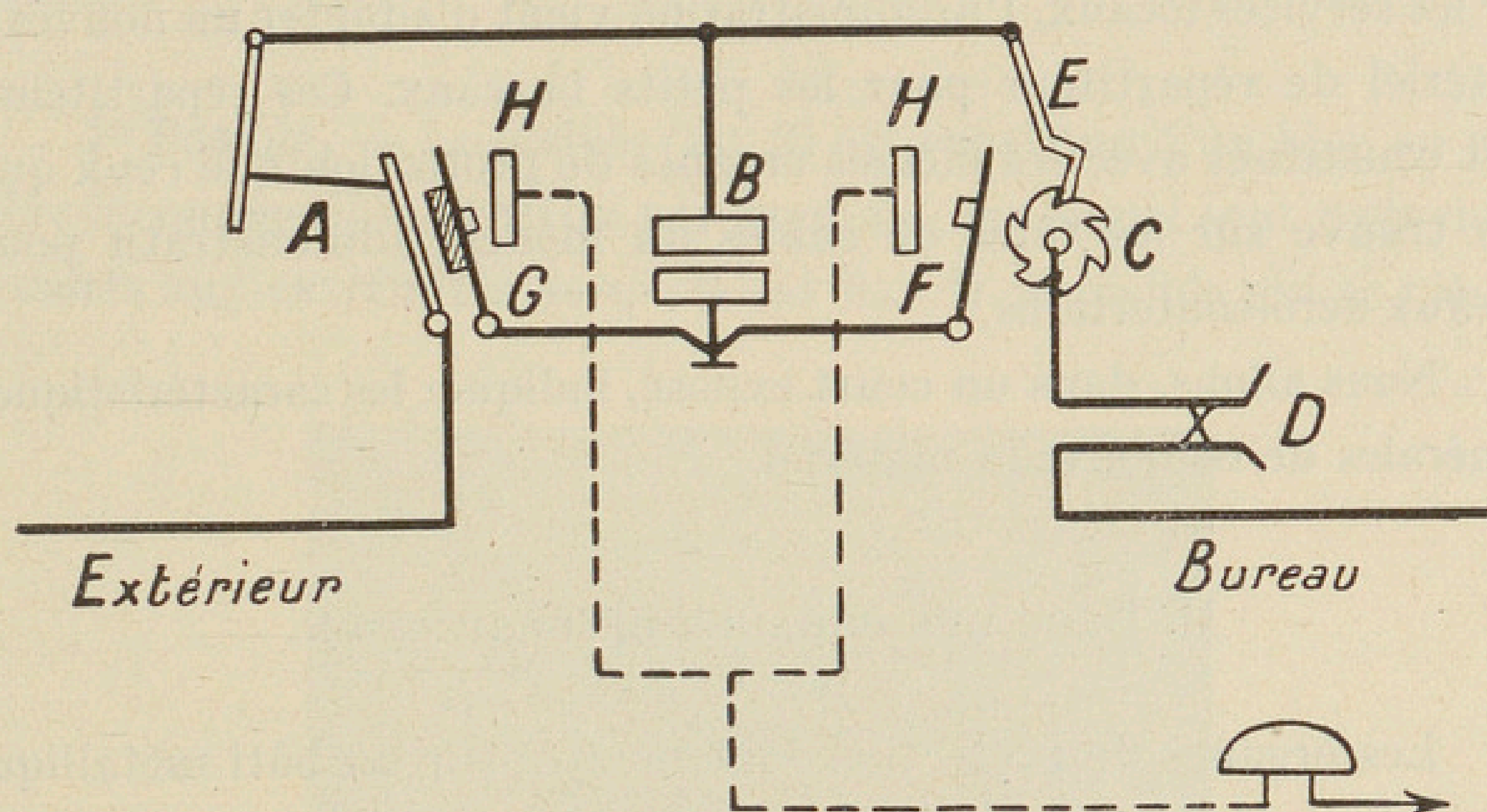


Fig. 1. — Schéma du circuit des organes de protection.

A. — Fusible.
B. — Parafoudre.
C. — Bobine thermique.
D. — Jack prise d'essais.
E. — Ressort coupant le circuit au fonctionnement de la bobine thermique.
F. — Ressort de signalisation et de mise à la terre de la bobine thermique.
G. — Ressort de signalisation du fusible.
H. — Barres de signalisation.

portant 28 coupe-circuits paratonnerres combinés. Des câbles à 14 paires, sous soie, coton et plomb partent des châssis pour rejoindre le répartiteur.

Ce matériel de répartition et de protection des petits bureaux a donné lieu à de nombreuses critiques dont les principales sont les suivantes :

a) encombrement assez important ;

b) possibilité d'interchanger les fusibles de 3A et les fusibles de 1A.

c) absence de signalisation audible des fusibles sautés ;

d) mauvais contacts dus à la faible stabilité des coupe-circuits fusibles dans leur logement ;

e) encrassement des parafoudres à lames de charbon séparées

par une lame de mica, par suite de leur fonctionnement et des difficultés que présente leur nettoyage. — Le mauvais fonctionnement et l'encrassement des parafoudres sont particulièrement sensibles dans les réseaux desservis par des auto-commutateurs ruraux.

Pour remédier à ces défauts signalés à de nombreuses reprises par les services locaux, l'Administration vient d'adopter un nouveau matériel de répartiteur pour les petits bureaux. Ces répartiteurs sont constitués avec les mêmes organes de protection que ceux que l'on trouve sur les têtes de câbles du modèle administratif pour réseaux aéro-souterrains.

Nous allons, dans un court exposé, indiquer les caractéristiques générales de ce nouveau matériel.

II. Bloc des organes de protection.

Les organes de protection sont montés sur un bâti métallique et sont protégés à l'avant par un capot facilement amovible. La platine qui forme la face postérieure de l'équipement supporte deux réglettes isolantes percées d'orifices à travers lesquels passe l'extrémité dénudée des conducteurs du câble de ligne (côté droit en regardant le répartiteur) et les fils-jarretières assurant la liaison vers l'installation intérieure. Il y a autant de trous que de conducteurs et la disposition des broches de raccordement en avant de la platine est telle que les conducteurs se soudent directement aux broches, chaque conducteur sortant de l'orifice dépouillé de son enveloppe grâce à la forme tronconique des trous. Il n'y a dans ces conditions aucune matière combustible au voisinage des organes de protection.

Entre le fil de ligne et le fil-jarretière sont insérés les organes de protection. En venant de l'extérieur, on rencontre tout d'abord (fig. 1) un fusible à signalisation qui, par son fonctionnement, isole la ligne extérieure, puis un parafoudre intercalé entre le conducteur et la terre. Une bobine thermique à signalisation vient ensuite. Son fonctionnement a pour effet de provoquer une coupure sur le conducteur et de connecter à la terre le conducteur extérieur. Au

delà de la bobine thermique en allant vers l'installation intérieure et avant les fils-jarretières se trouve une prise d'essais permettant la coupure du conducteur et la prise éventuelle de la partie intérieure et de la partie extérieure sans qu'il soit besoin d'enlever les organes de protection.

Les caractéristiques des organes de protection sont les suivantes :

1° **Fusible.** — Le fusible (fig. 2) est constitué d'un bloc en matière incombustible, stéatite par exemple, sur lequel sont fixés deux ressorts aux extrémités desquels est fixé le fil fusible qui se trouve

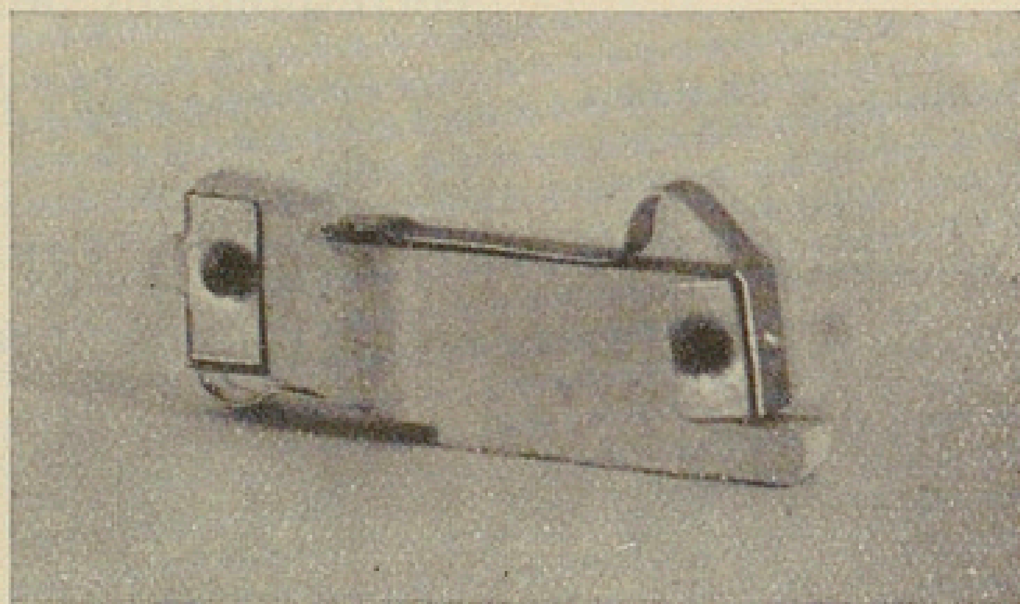


Fig. 2. — Fusible.

ainsi enfermé dans le bloc de stéatite. A la fusion du fil-fusible, les deux ressorts se détendent, le grand ressort agit sur le ressort de signalisation dont il reste isolé, le petit ressort forme voyant.

Ce fusible est calibré pour ne pas fondre sous une intensité de 2,5 ampères et pour fonctionner d'une manière instantanée sous une intensité de 3,5 ampères. Son rôle principal est d'isoler le fil de ligne de l'installation dans le cas où le parafoudre ayant fonctionné en régime d'arc, l'intensité de décharge serait de nature à amener sa destruction. Ce fusible a une capacité calorifique supérieure à celle des fusibles Gardy de l'ancien matériel. Le fusible Gardy 3A à signalisation ne peut absorber sans fondre, pour dix décharges consécutives espacées de dix secondes, qu'une énergie de 0,20 joule par décharge, tandis que ce même nombre est d'environ 1 joule pour le nouveau fusible. Ce point est particulièrement

intéressant pour les petits bureaux soumis de par leur situation à des décharges atmosphériques de très courte durée.

2° **Parafoudre.** — Le parafoudre (fig. 3) est du type à air et à plaquette de charbon. Il est composé de deux blocs de charbon dont l'un d'eux, le plus petit, est fixé par soudure sur un support de porcelaine de telle façon que sa face se trouve à une distance régulière de la face rectifiée de la porcelaine, distance correspondant ainsi à l'espace nécessaire entre les deux blocs de charbon.

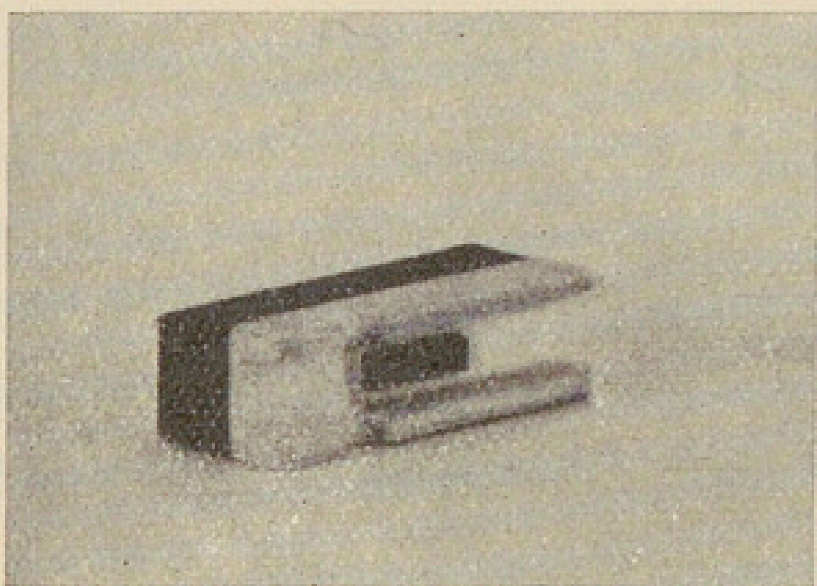


Fig. 3. — Parafoudre à charbon.

Sous une tension continue, ce parafoudre s'amorce sous une tension moyenne de 630 volts. La marge de tolérance est d'environ

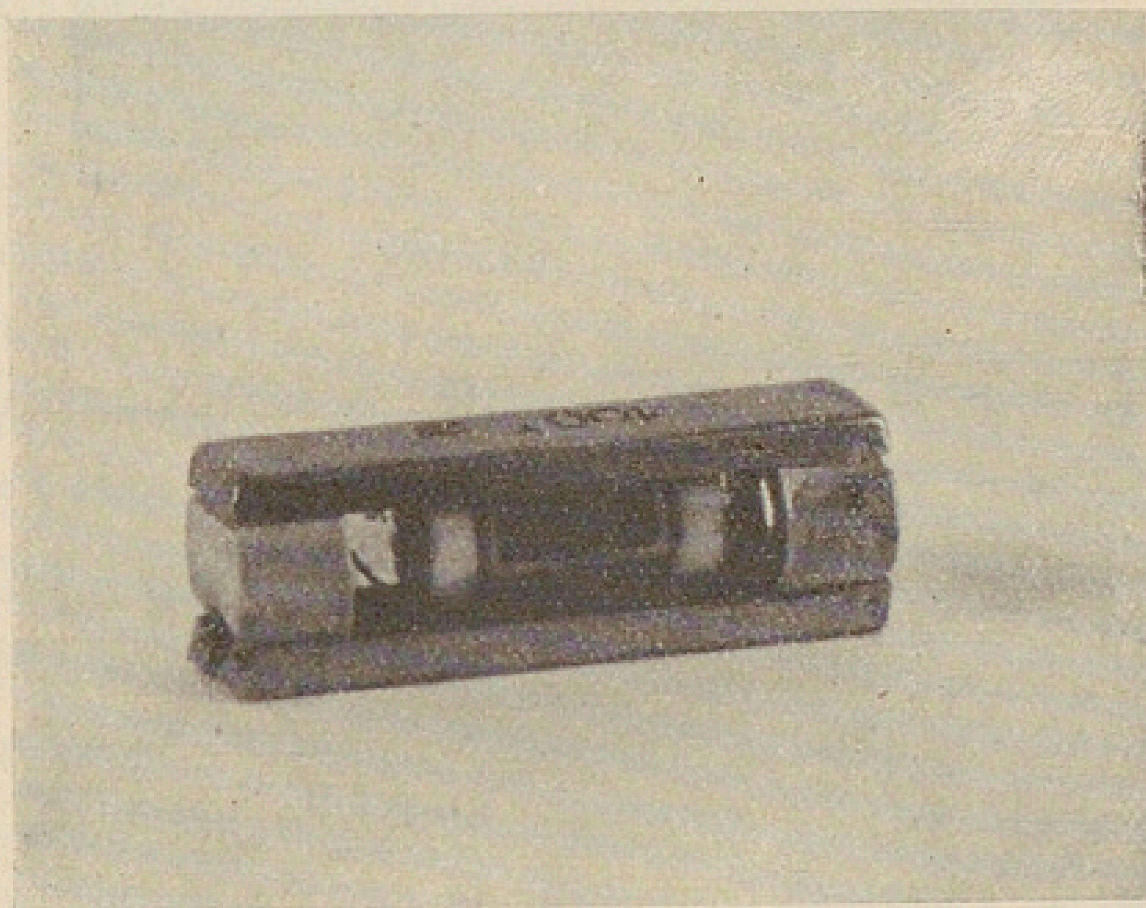


Fig. 4. — Parafoudre Lutèce-Lumière, type T.

10 %. Il supporte sans grand changement de sa tension initiale d'amorçage un débit de 60 milliampères pendant quelques minutes. Un courant de 500 milliampères le met en court-circuit en quelques secondes.

Ce parafoudre peut être remplacé dans des cas spéciaux par

un parafoudre à gaz raréfié du type T de la société Lutèce-Lumière (fig. 4). Ce parafoudre est un peu plus robuste que le parafoudre à air et à plaquette de charbon. Sa tension moyenne d'amorçage est de 400 volts. Un débit de 40 à 60 milliampères pendant 20 secondes diminue de 6 % en moyenne la tension d'amorçage des parafoudres à air et plaquette de charbon et augmente de 10 % en moyenne celle du parafoudre à gaz raréfié. Le parafoudre à charbon ne supporte pas dix passages sucessifs d'un courant de 3 ampères pendant le temps nécessaire pour provoquer la fusion d'un fusible Gardy de 3 ampères : il se met en court-circuit. Le parafoudre Lutèce-Lumière type T supporte cette décharge avec une augmentation moyenne de 25 % de la tension d'amorçage.

3° **Bobine thermique.** — La bobine thermique (fig. 5) est composée d'un noyau avec joues isolantes sur lequel est disposé l'enroulement et au centre duquel passe un axe terminé à son extrémité par une petite roue dentée. Le noyau et l'axe sont soudés ensemble par une soudure à bas degré de fusion. Le tout est monté à l'intérieur d'une carcasse possédant deux petites oreilles servant à fixer la bobine sur le support. Sur la roue dentée vient s'accrocher le ressort de l'équipement. Au fonctionnement de la bobine, ce ressort se déclanche faisant tourner d'un sixième de tour la roue dentée, met le circuit côté extérieur à la terre et ferme le circuit de signalisation. La bobine est prête pour un nouvel enclanchement du ressort sur la dent suivante de la roue dentée. Le fonctionnement de la bobine thermique provoque une large coupure.

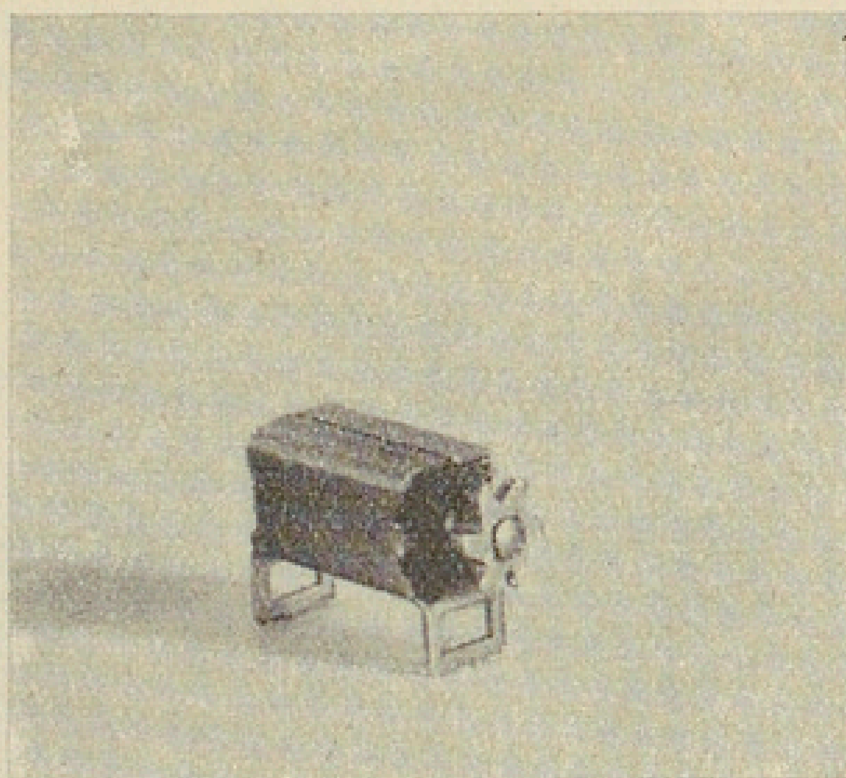


Fig. 5. — Bobine thermique.

La résistance de la bobine est de 5,8 ohms. Elle doit fonctionner sous une intensité de 0,5 ampère au bout de 30 secondes avec une

tolérance de 10 secondes en plus ou en moins. La figure 6 donne la caractéristique du temps de fonctionnement de cette bobine thermique en fonction de l'intensité. Cette courbe de fonctionnement est une courbe moyenne résultant d'essais effectués sur une dizaine d'exemplaires. Un nouveau relevé, effectué sur ces mêmes bobines après les avoir fait fonctionner dix fois au cours d'un espace de

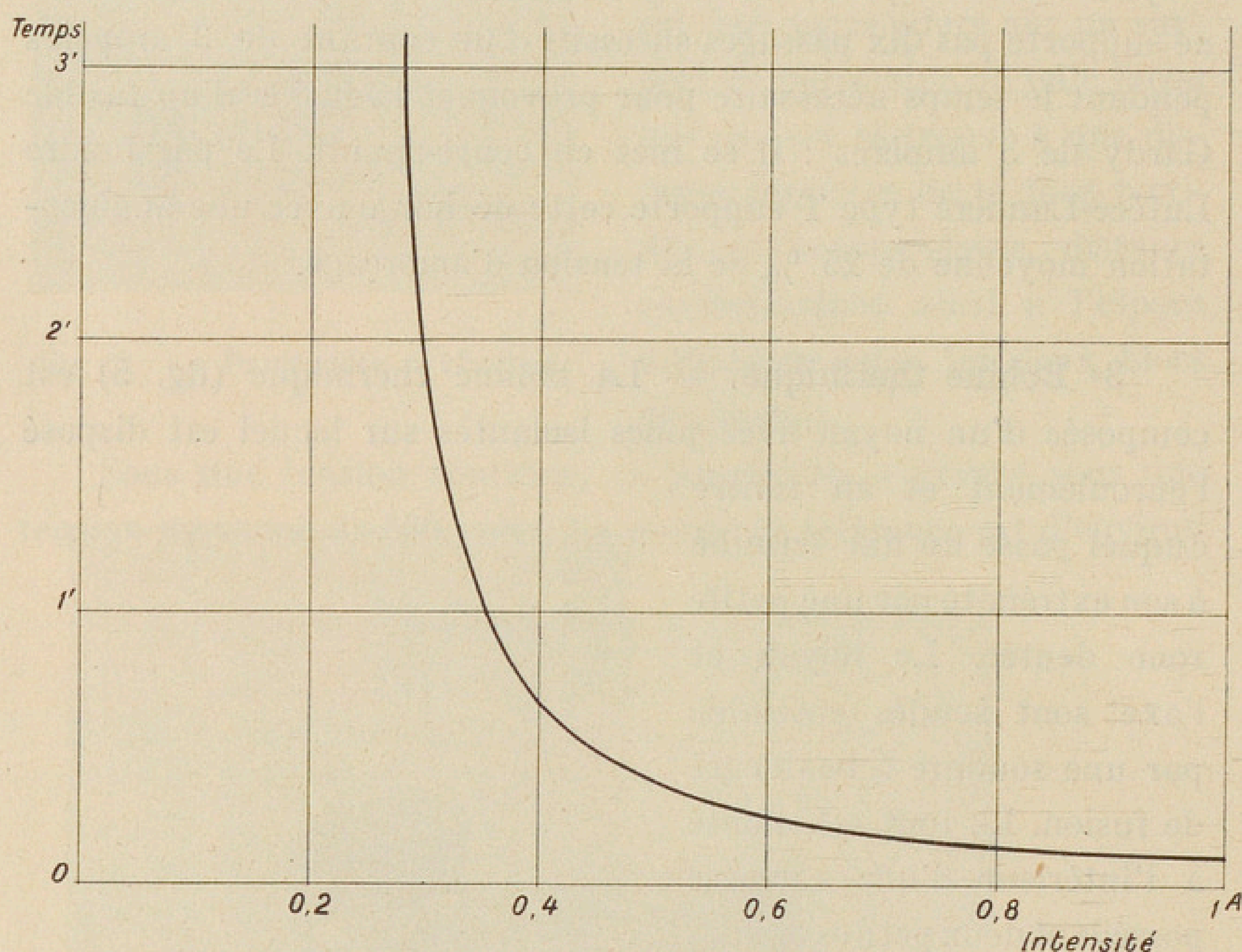


Fig. 6. — Caractéristique de fonctionnement de la bobine thermique du répartiteur administratif.

temps de dix jours, a montré que les caractéristiques des bobines thermiques n'étaient pas modifiées.

L'examen de la courbe de fonctionnement de la bobine thermique montre que cet organe fonctionne au bout d'un temps plus ou moins long lorsque l'intensité du courant qui la traverse est supérieure à une certaine valeur et qu'au contraire elle ne fonctionne pas lorsque l'intensité est inférieure à cette même valeur. La valeur de cette intensité est d'environ 0,275 ampère.

La capacité calorifique de cet organe (énergie susceptible d'être

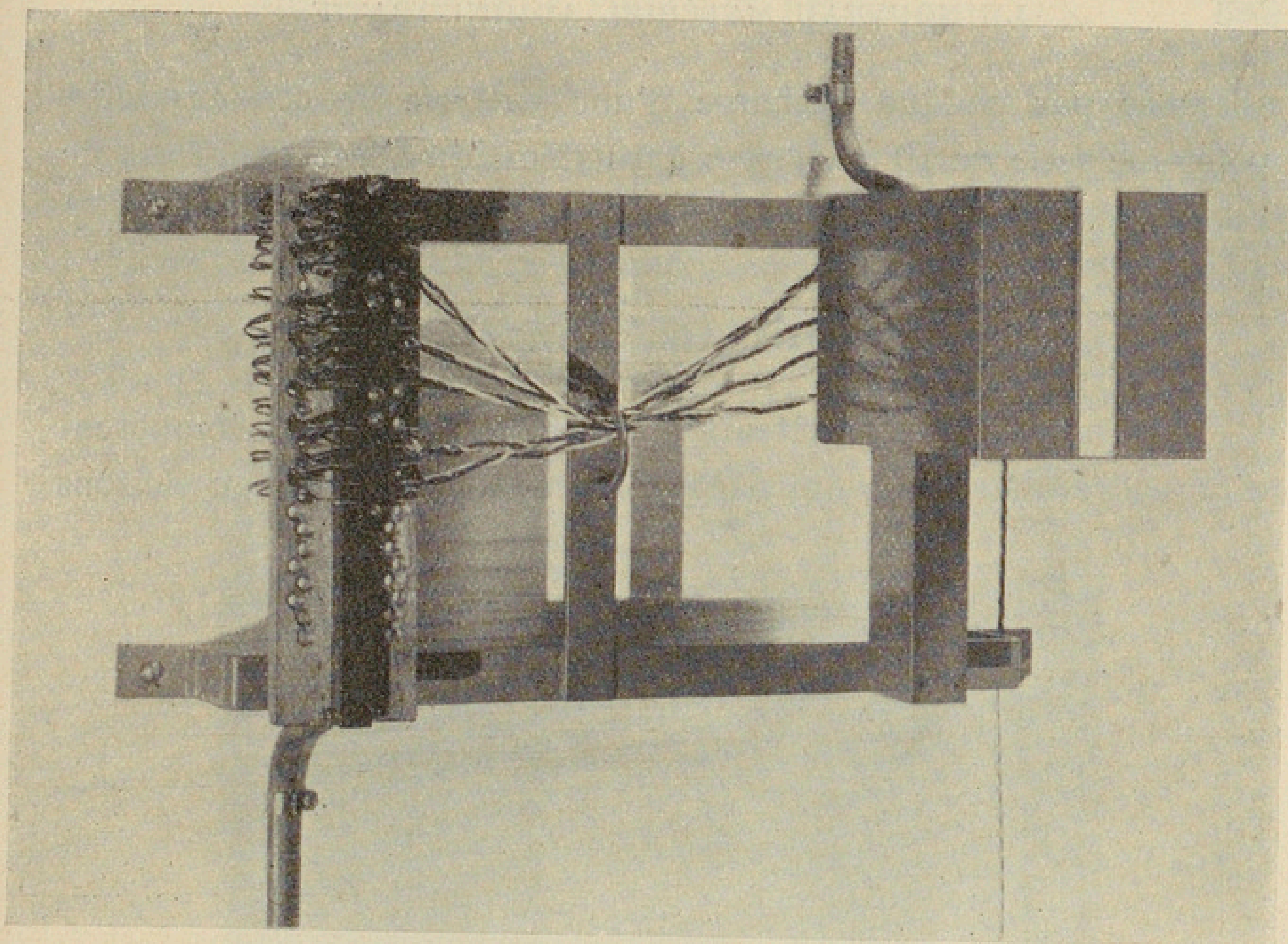


Fig. 7 — Répartiteur équipé à 7 paires (avec capot sur le bloc des organes de protection).

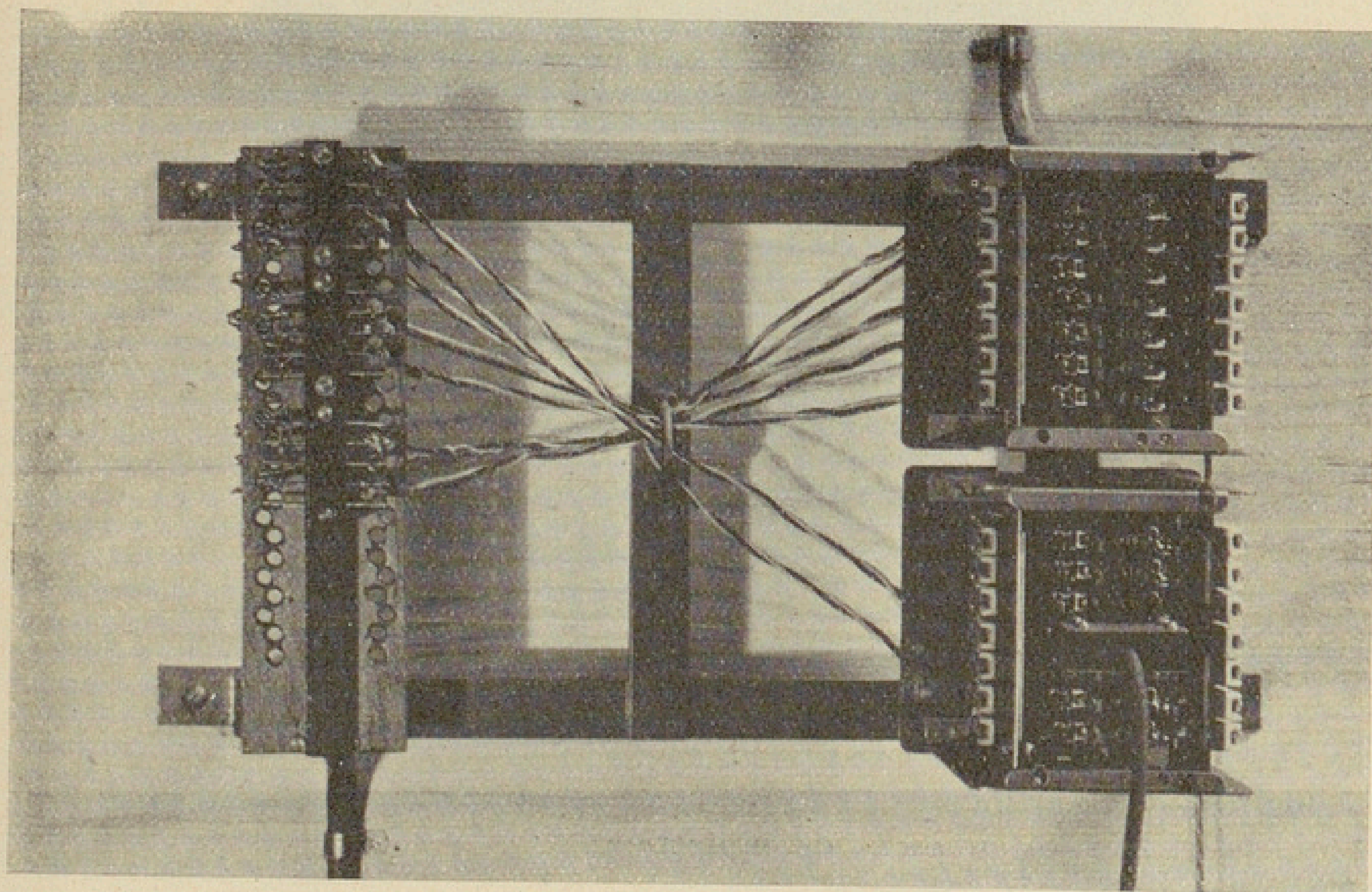


Fig. 8. — Répartiteur à 14 paires (capot des organes de protection enlevé).

absorbée par chaque décharge d'une batterie de condensateurs pour une série de 10 décharges à 10 secondes d'intervalle) est de l'ordre de 6 joules.

III. Répartiteurs.

Les nouveaux répartiteurs pour petits bureaux se composent d'un cadre métallique qui peut se fixer dans les murs ou cloisons

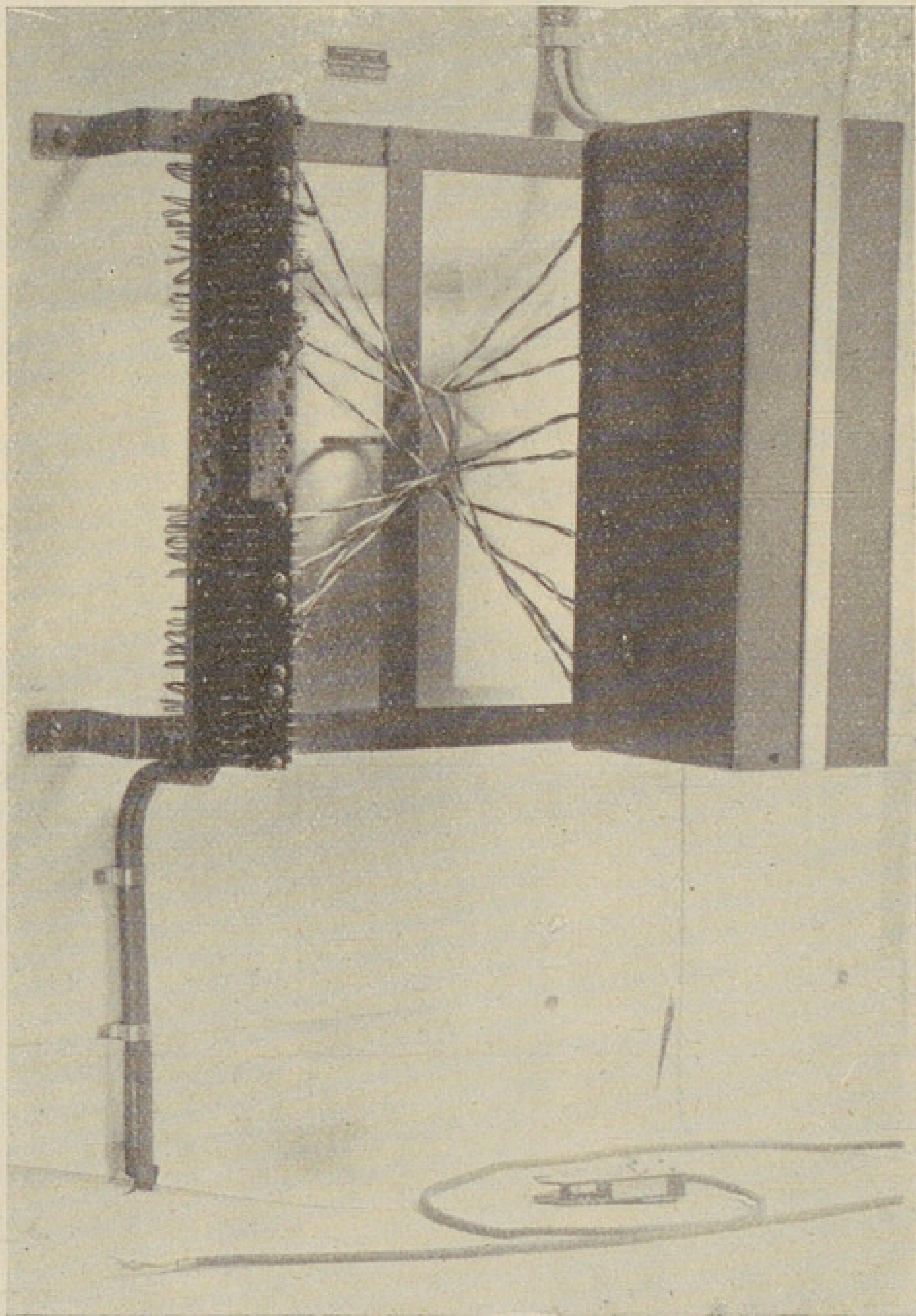


Fig. 9. — Répartiteur à 28 paires (avec capot sur le bloc des organes de protection).

au moyen de vis. Sur ce cadre métallique sont montés d'une part des blocs d'organes de protection, d'autre part un anneau de

guidage, des fils-jarretières et des réglettes de raccordement.

Pour ne pas avoir un trop grand nombre de types, il a été créé deux modèles :

a) un répartiteur à 14 paires pouvant n'être équipé qu'à 7 paires, l'extension à 14 pouvant s'effectuer sur place ;

b) un répartiteur à 28 paires.

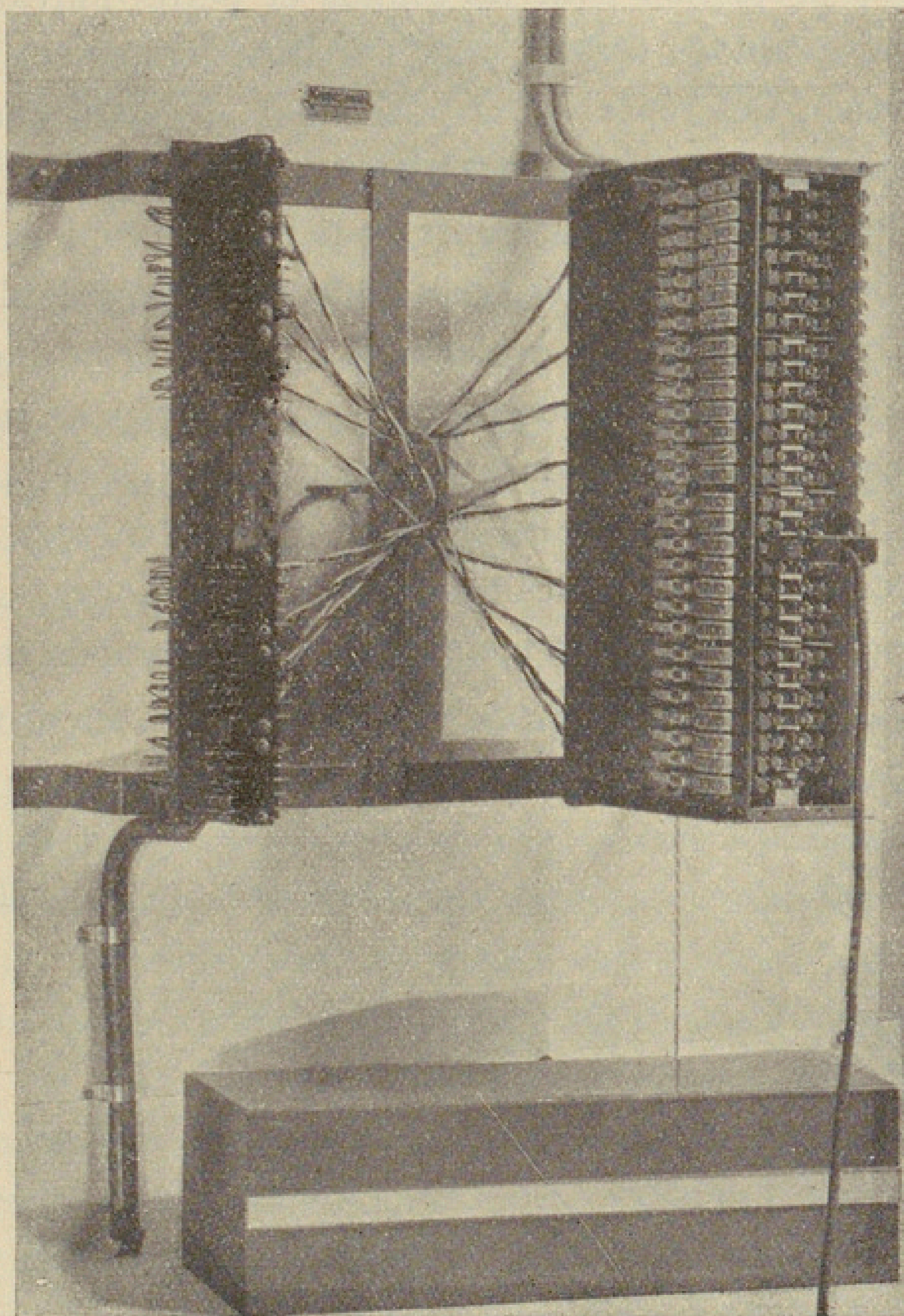


Fig. 10. — Répartiteur à 28 paires (capot des organes de protection enlevé).

La figure 7 représente le répartiteur à 14 paires équipé pour 7, le bloc des organes de protection étant revêtu du capot métallique. La figure 8 montre le répartiteur à 14 paires entièrement équipé, avec le capot du bloc des organes de protection enlevé.

Les figures 9 et 10 représentent le répartiteur à 28 paires.

Pour les bureaux ayant plus de 28 et moins de 112 paires, les capacités intermédiaires seront réalisées en juxtaposant des répartiteurs à 28 directions. Pour les bureaux plus importants, il a été décidé d'utiliser les têtes de répartiteur à 112 paires des réseaux aéro-souterrains.

L'adoption de ce matériel permet d'utiliser les mêmes types d'organes de protection pour les grands et petits bureaux ce qui constitue un avantage sérieux pour l'approvisionnement du matériel d'entretien. Ces répartiteurs présentent en outre une innovation importante sur l'ancien matériel :

Dans les nouveaux répartiteurs les liaisons se font par soudure et non par vis comme dans les types réglementaires jusqu'à ce jour.

Les connexions par vis avaient été adoptées à un moment où l'électricité n'était pas abondamment répandue dans les campagnes et où par conséquent la soudure des fils n'aurait pu se faire facilement. Les conditions actuelles ne sont plus les mêmes. On peut adopter sans inconvénients les connexions par soudure. Les installations seront plus propres et moins sujettes à dérangements.

NOTE

sur la recherche et la suppression des parasites de T.S.F. produits par les lignes d'énergie,

par Emile BOYER,
inspecteur breveté des Postes et Télégraphes.

L'étude qui suit a été faite, en partie, dans la région de Dinard.

La production des parasites de T.S.F. est intimement liée à une décharge électrique ayant lieu sous forme d'effluves ou d'arcs. Ces deux cas peuvent se rencontrer dans la distribution de l'énergie à haute tension. En basse tension, le second cas est, en général, seul à considérer.

1° **Effluves sur les lignes à haute tension.** — C'est le point qui a été plus spécialement traité à Dinard. Ces effluves sont en réalité des décharges se produisant à la surface des isolateurs à la faveur de la pellicule d'humidité qui s'y forme naturellement. Elles sont parfois accompagnées de lueurs, mais, dans certains cas, elles sont invisibles. Elles augmentent avec le degré hygrométrique de l'air et les parasites sont donc très nombreux quand il pleut. Elles donnent lieu à des courants de haute fréquence ou plutôt à des ondes de choc à front extrêmement raide qui, heureusement, rayonnent peu et ne se propagent que difficilement le long des conducteurs. En pratique, les parasites ainsi créés sont au-dessus du maximum légal (3 népers en dessous d'un champ de un microvolt par mètre) dans un rayon de 50 mètres perpendiculairement à la ligne et se propagent sur les fils à 200 mètres environ du point de leur production.

On a constaté à Dinard et en d'autres lieux que les parasites se produisaient sur les poteaux en béton ou sur les poteaux en bois dont les consoles étaient mises à la terre. On sait que toutes les

consoles des lignes à haute tension doivent être reliées au sol. En réalité, sur bon nombre d'anciennes lignes, cette obligation n'est pas respectée et, précisément, ces lignes ne donnent pas lieu à des troubles causés par effluves. Bien mieux, on a pu observer à Janzé (Ille-et-Vilaine) qu'une ligne à 15.000 volts sur poteaux en béton était le siège de violents parasites d'effluves. Une dérivation de cette ligne traverse l'agglomération pour aboutir à un transformateur. Cette ligne, de 300 mètres environ, est placée sur poteaux en bois avec consoles isolées. Or, les parasites provenant de la ligne principale diminuent d'intensité au fur et à mesure que l'on s'en éloigne le long de la dérivation. A proximité du transformateur, ils ne sont plus gênants pour les usagers.

A Dinard, grâce à l'obligeance du Directeur de la Compagnie d'électricité « Fusion des gaz », les premiers essais ont consisté dans le remplacement des isolateurs d'une ligne triphasée à 15.000 volts, grande productrice de parasites d'effluves. Les isolateurs normaux ont été remplacés par d'autres plus forts, capables de supporter une tension de 85.000 volts maximum. Aucune amélioration ne s'est manifestée et les parasites ont repris de plus belle par temps humide (1).

On a alors entrepris la suppression des effluves en badigeonnant les isolateurs avec un enduit ainsi composé :

Cire d'abeilles vierge..........	250 g.
Essence de térébenthine pure..	500 g.

Cette peinture, semi fluide, a été appliquée au pinceau sous les robes des isolateurs. Le résultat a été absolument concluant. Les parasites ont complètement disparu même par temps pluvieux ou d'embruns.

On peut espérer que la couche de cire tiendra au moins une année. La cire pure d'abeilles est, en effet, constituée pour résister aux intempéries. En tout cas, le procédé est peu onéreux et pourrait

1. D'autres expérimentateurs ont toutefois constaté une diminution nette des parasites d'effluves lorsque les isolateurs normaux de la ligne à haute tension sont remplacés par des isolateurs du même type, mais prévus pour une tension supérieure (double ou triple). (N.D.L.R.).

être appliqué systématiquement sur les lignes à haute tension. Etant donné que la propagation des parasites d'effluves est assez limitée, il suffirait probablement de protéger les parties de lignes situées à proximité des agglomérations (300 mètres de part et d'autre).

2° **Arcs sur les lignes à haute tension.** — Les arcs peuvent se produire dans trois cas différents :

a) mauvais contact à un sectionneur ;

b) isolateur fêlé ;

c) pièce métallique mal isolée soumise au champ électrostatique.

Les parasites d'arcs ne paraissent pas de même nature que les parasites d'effluves. L'intensité de la cause est évidemment beaucoup plus grande ; les ondes produites se propagent plus loin que les premières. Leur recherche en est rendue plus difficile car on n'observe pas d'augmentation bien nette à mesure que l'on se rapproche de la source.

a) *Mauvais contact à un sectionneur.* — Les contacts des sectionneurs aériens sont souvent oxydés. Il se produit alors un arc, parfois peu visible qui engendre des parasites intenses. Suivant le cas, ces parasites augmentent ou diminuent avec la demande de courant. Ils passent souvent sur le réseau à basse tension et empoisonnent tout un quartier. Le seul remède est évidemment la réfection des contacts, mais, à vrai dire, ce défaut est assez rare.

b) *Isolateur fêlé.* — Si les consoles sont mises à la terre, ce défaut provoque un déséquilibre du réseau et, en général, les compagnies y remédient aussitôt, surtout quand le point milieu de l'étoile est à la terre.

c) *Pièce métallique mal isolée soumise au champ électrostatique.* — Ce défaut exige pour se manifester deux conditions :

1° la présence d'une pièce métallique dans le champ variable d'un conducteur à haute tension ;

2° cette pièce étant isolée doit pouvoir provoquer des étincelles pour se décharger.

Ces deux conditions peuvent se trouver réunies lorsque sur un poteau de bois, une console est mise à la terre par un conducteur rompu ou mal connecté. Par capacité, la console prend une charge électrique qui peut donner lieu à une différence de potentiel assez grande pour provoquer une étincelle à l'endroit de la rupture. Le fil de terre forme alors une belle antenne qui rayonne des parasites. Le remède consiste à rétablir une bonne mise à la terre.

Le même défaut se manifeste très souvent dans les installations d'enseignes à tubes de néon. Les tensions utilisées sont actuellement de 2.000 à 3.000 volts. Elles sont amenées aux tubes à l'aide de conducteurs isolés placés sous gaine métallique. Cette gaine lorsqu'elle n'est pas franchement mise à la terre se charge par capacité et peut produire des étincelles par mauvais contact avec une autre pièce métallique. Il en résulte des parasites qui ne se propagent pas très loin. Il faut dans ce cas mettre soigneusement à la terre les gaines des conducteurs.

3° **Arcs sur les lignes à basse tension.** — Dans les réseaux un peu anciens, ces arcs sont très fréquents. Ils se produisent à la faveur d'une épissure mal faite, d'une borne mal serrée, d'un contact mal établi. Vienne l'oxydation, le contact présente une élévation de température et, à la faveur d'une baisse d'intensité, un arc s'établit qui est généralement invisible. Lorsque le défaut se trouve placé sur une ligne extérieure, on observe parfois des variations dans l'intensité des parasites ainsi créés. Ils augmentent avec la sécheresse de l'air, à l'inverse des parasites d'effluves, et la moindre pluie les fait disparaître. Ils suivent assez souvent la courbe de la consommation de courant et sont maximum précisément aux heures d'écoute, vers vingt et une heures, ce qui exaspère les auditeurs.

La source en est très difficile à découvrir avec un appareil de recherches car ils se répandent sur tous les conducteurs d'énergie. La seule remarque à faire est que durant les heures où ils se produisent, le contact en défaut présente une élévation de température coïncidant avec des variations légères de la tension dans la partie du réseau faisant suite au défaut. Sur des conducteurs exté-

rieurs, on peut essayer de se rendre compte de la température des épissures et surtout des coupe-circuit. Quand le défaut est dans une installation intérieure, la recherche en est plus facile. En outre, on peut essayer de délimiter les parties d'installation ou de réseau où se produisent ces variations irrégulières de tension en observant l'éclat des lampes allumées.

INFORMATIONS.

Progrès réalisés dans les relations téléphoniques entre la France et les autres pays, du 1er juillet 1934 au 1er juillet 1935.

A. — **Nouveaux circuits mis en service :**

Paris-Rotterdam 5°
Nice-Gênes 2°
Marseille-Gênes 1°
Paris-La Haye 2°
Paris-Vienne 4°
Paris-Zurich 7°
Paris-Stuttgart 1°
Dunkerque-Ostende 3°
Strasbourg-Hambourg 1°
Paris-Düsseldorf 1°
Paris-Leipzig 1°
Paris-Londres 38°, 39°, 40°, 41°, 42°
Lille-Londres 2°
Paris-Lausanne 3°.
Paris-Budapest 2°
Circuit *radiotéléphonique* direct Paris-Moscou.

B. — **Extension des relations téléphoniques internationales.**

a) *Relations européennes* :

Ouverture des relations avec l'U.R.S.S. le 31 août 1934.

Extension des relations France-Yougoslavie à tous les réseaux yougoslaves.

b) *Relations extra-européennes.*

Extension des relations France-Egypte à tous les réseaux égyptiens.

Extension des relations France-Palestine à tous les réseaux palestiniens.

Extension des relations France-Indes Néerlandaises à Macassar.

C. — Liste récapitulative des pays avec lesquels la France est en relation téléphonique, au 1er juillet 1935.

1. *Par circuits terrestres.*

a) Par circuits directs.

Pays.	Nombre de circuits de grande communication.
Allemagne	46
Autriche	3
Belgique	73
Danemark	1
Espagne et îles Baléares	16
Grande-Bretagne	40
Hongrie	1
Italie	13
Luxembourg	7
Pays-Bas	15
Pologne	2
Roumanie	1
Suède	2
Suisse	52
Tchécoslovaquie	2

b) Par l'intermédiaire d'un bureau étranger de transit.

Bulgarie,
Danzig, (territoire de la ville libre de)
Estonie,
Finlande,
Gibraltar,
Grèce,
Irlande, (Etat libre d')
Lettonie,

Lithuanie,
Norvège,
Portugal,
Turquie,
U.R.S.S.,
Vatican, (cité du)
Yougoslavie.

2. *Par circuits radiotéléphoniques.*

a) Par une station radioélectrique française

Europe :
U.R.S.S.

Afrique :
Algérie,
Egypte,
Maroc (zone française) et Tanger,
Tunisie.

Amérique du Sud :
Argentine,
Brésil,
Chili,
Colombie,
Paraguay,
Pérou,
Uruguay,
Vénézuela.

Asie :
Indochine française,
Palestine,
Syrie.

b) Par l'intermédiaire d'une station radioélectrique étrangère :

Afrique :
Canaries (îles),
Ceuta (zone espagnole du Maroc),

Colonie du Cap,
Congo belge,
Orange,
Transvaal.

Amérique du Nord :
Canada,
Cuba,
Etats-Unis,
Mexique,
Bermudes (îles).

Amérique centrale :
Bahama (îles),
Costa Rica,
Guatemala,
Nicaragua,
Panama.

Asie :
Indes anglaises,
Siam.

Océanie :
Australie,
Indes Néerlandaises,
Hawaï (îles),
Philippines (îles),
Nouvelle-Zélande.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

780.225. Dispositif pour éviter des rebondissements, particulièrement applicable aux organes de machines à écrire à distance. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.995. Dispositif pour la transmission électrique à distance des mouvements et notamment des positions d'une aiguille au moyen d'un transmetteur à distance inductif à courant alternatif. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

Téléphonie.

780.183. Installation permettant d'avertir l'abonné en ligne d'un appel effectué pendant sa conversation, dans des postes téléphoniques connectés à un central automatique. (MM. Joseph Klein et Charles Bulissa, Hongrie).

780.224. Elément compensateur pour la réduction de la diaphonie dans les câbles de transmission à distance. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.266. Appareil radio-phono-téléphonique. (MM. Louis-Paul Durand et Pier, Carlo Ricchiardi, France, Seine).

780.267. Perfectionnements aux appareils téléphoniques. (MM. Louis, Paul Durand et Pier, Carlo Ricchiardi, France, Seine).

780.316. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.795. Disposition de couplage pour installations téléphoniques avec bureaux principaux et secondaires et fonctionnement avec sélecteurs. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.796. Disposition de couplage pour sélecteurs à commande automatique dans les installations de télécommunication, en particulier les installations téléphoniques. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.922. Appareil haut-parleur combinable avec des installations téléphoniques. (M. Samuel Seymour Hixon, Angleterre).

781.186. Perfectionnements aux installations de transmission et de réception de messages, signaux, etc., à l'aide de courants alternatifs (The General Electric Company Limited et M. Léonard Ernest Ryall, Angleterre).

781.584. Perfectionnements aux systèmes de communication téléphonique .(MM. Laszló Szantó et Istvan Gerö, Hongrie).

781.600. Dispositif téléphonique d'enregistrement et de reproduction. (M. Otto Jaeger, Suisse).

781.719. Annonceur de taxes pour postes téléphoniques. (S^{te} Favag, Fabrique d'appareils Electriques, S.A. Suisse).

Transmission des images.

778.416. Appareillage de télévision à film intermédiaire sans fin et dépôt continu d'émulsion. (Fernseh A.G. Allemagne).

Pour transmettre les images de télévision on utilise un enregistrement intermédiaire sur couche sensible à la lumière renouvelée de façon constante sur un support sans fin. La couche sensible à la lumière est d'abord déposée sur le support sec, éventuellement muni d'une couche adhésive, à l'aide d'un appareil applicateur pourvu d'un système verseur, en laissant libre la bande des perforations.

On séche ensuite le film en le faisant passer dans une chambre à air soufflé et réchauffé. On éclaire le film du côté émission au moyen d'une caméra de prises de vues cinématographiques et du côté réception au moyen d'une source lumineuse modulée par une cellule de Kerr. On traite ensuite le film pour obtenir photochimiquement une image dans un appareil contenant une grande longueur de film.

Le film intermédiaire ainsi obtenu à l'état humide est ensuite exploré du côté émission en vue de la télévision et est projeté cinématographiquement du côté réception au moyen d'appareils de projections connus. Cela fait on enlève la couche sensible du support dans un appareil de lavage rempli d'eau chaude à l'aide d'auxiliaires chimiques ou mécaniques. Le support est ensuite séché dans un courant d'air chaud et est amené de nouveau à l'appareil applicateur de l'émulsion sensible à la lumière, et le cycle ci-dessus recommence. Le support de la couche sensible a une épaisseur de 0,2 millimètre environ ; ses bords perforés sont renforcés soit en lui donnant une plus grande épaisseur, soit par application d'une substance étrangère appropriée.

L'appareil verseur a une forme telle que le milieu du support de la couche sensible à la lumière est à une plus grande distance de l'ouverture de ce verseur que les parties marginales ; l'écoulement de la couche sensible depuis le réservoir jusqu'au récipient verseur se fait automatiquement à l'aide d'un tube étroit et flexible, partant du fond du réservoir et allant à la surface du liquide dans le verseur.

780.051. Perfectionnements aux dispositifs de télévision et systèmes analogues. (Electric and musical Industries Limited, Angleterre).

780.247. Procédé de production d'une fréquence porteuse pour les courants photoélectriques pour installations de transmission d'images. (Fernseh A.G. Allemagne).

780.260. Dispositif de suppression de l'image pour récepteurs superhétérodynes. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

780.291. Procédé et dispositif de télévision mi-simultanée, mi-successive. (MM. Gabrilovitch Léonid, Isnard Vadie et Berthon Rodolphe, France, Seine).

780.363. Perfectionnement aux systèmes de télévision. (A.C. Cossor Limited, Angleterre).

780.603. Transformateur à haute fréquence, particulièrement destiné à la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

Dans les postes récepteurs de télévision de bonne qualité où les couplages entre étages successifs d'amplification sont réalisés au moyen de transformateurs, il faut éviter la distorsion des images reçues due à une transmission non uniforme à travers le transformateur de toutes les fréquences de la large bande nécessaire pour l'obtention de bonnes images. Dans ce but, on établit le transformateur de couplage de telle manière que la fréquence propre de l'enroulement primaire (due à l'inductance de cet enroulement et à la capacité entre spires) se trouve, ainsi que la fréquence propre de l'enroulement secondaire, en dehors de la bande utilisée pour les signaux de télévision, l'une étant moins de 0,8 fois plus basse que la fréquence minimum à transmettre et l'autre étant plus de 1,2 fois élevée que la fréquence maximum à transmettre. En outre les enroulements primaire et secondaire sont shuntés par des résistances d'amortissement plus petites que leurs résistances de résonance respectives mais plus grandes que la résistance apparente effective entre les bornes correspondantes (par exemple, des résistances de l'ordre de grandeur de 1 /10 de la résistance de résonance des enroulements).

780.779. Perfectionnements aux méthodes de synchronisation d'un faisceau cathodique. (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

780.842. Système d'exploration d'images en télévision. (Invention Georges Tarel). — (Sonora Radio S.A., France, Seine).

780.912. Tube pour la télévision. (Radioaktiengesellschaft, D.S. Lœwe, Allemagne).

781.097. Perfectionnements aux récepteurs de télévision à rayons cathodiques. (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

Radiocommunications.

780.068. Perfectionnements aux dispositifs de volume-contrôle automatique pour appareils radio-récepteurs. (E.K. Cole Limited, Angleterre).

780.175. Pont permettant au trafic à haute fréquence de franchir les coupures des lignes à courant fort. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.263. Perfectionnements aux procédés de balisage et d'éclairage d'antennes verticales. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine).

780.739. Mode de transmission radiotéléphonique ou radiotélégraphique permettant de supprimer les parasites à la réception (M. Daniel Née, Turquie).

780.780. Perfectionnement aux dispositifs de transmission de signaux par ondes hertziennes. (M. Vitus Fernand, France, Seine).

780.853. Perfectionnements à la réception de signaux porteurs modulés. (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

780.865. Procédé pour compenser les perturbations dans les antennes comportant des câbles sous écran. (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

780.869. Câble de transmission à distance à diélectrique sensible à la chaleur, notamment pour le fonctionnement à l'aide de fréquences très élevées. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

780.880. Récepteur pour émissions comportant une onde porteuse et une seule bande latérale. (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Allemagne).

781.004. Perfectionnements aux appareils radio-phono-téléphoniques. (MM. Louis, Paul Durand et Pier, Carlo Ricchiardi, France, Seine).

781.054. Dispositif pour la modulation des oscillations entretenues. (M. Vitus Fernand, France, Seine).

781.092. Dispositif de réglage silencieux et de contrôle de résonance des radio-récepteurs. (Sté Arnoux Veuve Chauvin et Cie, France, Seine).

781.277. Radio-récepteur. (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

781.309. Dispositif d'alimentation pour radio-récepteurs. (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine).

781.385. Procédés d'amplification radioélectrique. (M. Gunther Krawinkel, Allemagne).

781.415. Perfectionnements aux récepteurs, plus particulièrement aux récepteurs sur ondes dites « ultra-courtes ». (Compagnie générale de télégraphie sans fil, France, Seine).

781.440. Application des montages à résistance négative à divers problèmes de propagation radioélectrique. (Invention Bastide André et Duzea Léon). — (Sonora Radio S.A. France, Seine).

781.707. Perfectionnements aux radio-récepteurs. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

781.733. Montage récepteur du type superhétérodyne. (N.V. Philips'Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

781.789. Perfectionnements aux dispositifs de réception. (Société Française radio-électrique, France, Seine).

781.809. Appareil perfectionné de radio-réception ou de radio-transmission. (M. Erick Cohn, Angleterre).

DIVERS.

780.939. Perfectionnements aux dispositifs pour transformer de l'énergie acoustique en énergie électrique. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

781.706. Commande à ressort de résonance à roue dentée d'entraînement soumise directement à l'action du ressort de résonance. (Landis et Gyr S.A., Suisse).

781.816. Tête parlante pour télégraphones et appareils analogues. (Stille Inventions Limited, Angleterre).

BIBLIOGRAPHIE.

Radio-électricité générale (Tome I : *Etude des circuits et de la propagation*), par R. Mesny. Paris, 1935, Etienne Chiron, 1 vol. in-8° de 375 pages, avec de nombreuses figures. Prix : 50 francs.

Ce volume, consacré à l'étude des circuits et de la propagation, contient la première partie du cours professé par l'auteur à l'École supérieure de Radioélectricité ; deux autres tomes doivent suivre consacrés aux émetteurs et aux récepteurs.

Après un rappel des notions mathématiques indispensables (équations différentielles linéaires et quantités complexes), les différents chapitres traitent respectivement des circuits fermés, des circuits couplés, des courbes de résonance, des oscillations auto-entretenues, sinusoïdales et de relaxation, de la synchronisation, des circuits ouverts, des oscillations sur les lignes, des antennes, de la résistance en haute fréquence, des pertes dans les diélectriques et dans le fer et enfin de la propagation des ondes dans l'espace et sur le sol.

Dans cet ouvrage destiné en principe à des étudiants l'auteur s'est efforcé de rattacher les principes fondamentaux de la radioélectricité à ceux de l'électricité ; mais les exposés théoriques sont toujours accompagnés des ordres de grandeur des quantités mises en jeu. Chaque fois que cela est nécessaire, les calculs indispensables sont développés tout au long, mais c'est toujours en vue d'un résultat pratique que des exemples et des valeurs numériques viennent confirmer. Les hypothèses faites, les approximations admissibles et leurs répercussions sur les résultats du calcul sont étudiées de façon approfondie.

Aussi, étant donné la clarté et la méthode avec lesquelles l'auteur

a su exposer ces sujets parfois arides, l'ouvrage de M. Mesny sera indispensable aux ingénieurs radioélectriciens et à tous ceux qui s'intéressent aux fondements de cette science nouvelle ; les lecteurs de ce premier livre attendent d'ailleurs avec impatience les deux tomes suivants que leur a promis l'auteur. A.L.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'Administration des P.T.T. .... 20 fr.
Personnes étrangères à l'Administration des P.T.T. .... 50 fr.

(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin Officiel*, n° 15 de 1932, p. 517.)

Sommaire du n° 6 de l'année 1935 (4e année).

Organisation du service radiomaritime en France et à l'étranger par M. Veaux, ingénieur en chef à la Direction de l'Exploitation télégraphique.

PAGES ET DOCUMENTS D'HISTOIRE POSTALE.

Taxes et tarifs postaux jusqu'à la Révolution.

ADMINISTRATION FRANCAISE DES P.T.T.

1° PERSONNEL.

Recrutement des surnuméraires des P.T.T.

2° POSTE ET SERVICES FINANCIERS.

Recettes budgétaires de mai 1935.
Emission de nouveaux timbres-poste.
Colis postaux contre remboursement.
Création d'un service de bons postaux de voyage.

3° TÉLÉGRAPHE.

Décret portant création dans le régime intéressé d'un service de phototélégrammes.

4° TÉLÉPHONE.

Service téléphonique du dimanche.
Communications téléphoniques directes entre la France et les navires en mer.
Liaison radiotéléphonique directe Paris-Tokio.

5° RADIODIFFUSION.

Décrets relatifs à l'exploitation du poste de radiodiffusion de la Tour Eiffel.
Election de représentants des auditeurs aux conseils de gérance.
Lutte contre les interférences.
Echange de programmes de radiodiffusion entre la France et le Japon.
Participation des services de la radiodiffusion aux fêtes organisées à l'occasion du cinquantenaire de la mort de Victor Hugo.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° POSTE.

Allemagne. — Les colis dits « encombrants ».
Allemagne. — Construction d'un nouveau dirigeable.
Suisse. — Le développement de l'aviation et les postes.

2° Télécommunications.

Le développement du téléphone dans le monde au 1er janvier 1934.
Statistique du nombre des postes récepteurs de radiodiffusion.
Statistique du nombre des radio-centrales et leurs abonnés.
La radiodiffusion dans le monde.
Allemagne. — Statistique des auditeurs de radiodiffusion.
Allemagne. — Lutte contre les interférences. — De nouvelles directives sont entrées en vigueur.
Allemagne. — Lutte contre les interférences électriques.
Allemagne. — Contre la publicité par radio.
Australie. — Reprise de l'activité des services électriques.
Belgique. — Dispense du payement de la taxe de licence.
Etats-Unis. — Le téléphone en 1934.
Etats-Unis. — Un nouveau type de radio-centrales.
Grande-Bretagne. — L'évolution du télégraphe.
Grande-Bretagne. — Dépôt de télégrammes sur formules timbrées.
Nouvelles facilités télégraphiques et téléphoniques.
Les cabines téléphoniques publiques.
Le trafic téléphonique « sans attente ».
Un nouveau signal « pas-libre ».
La radiodiffusion impériale.
Exploitation de plusieurs stations sur une longueur d'onde commune.
Italie. — Etat de la répartition des appareils récepteurs de radiodiffusion dans les écoles élémentaires rurales.
Japon. — Les communications électriques.
Maroc. — Lutte contre les interférences. — Historique des mesures prises.
Pologne. — Dix années de radiodiffusion.
Portugal. — Plan de développement du réseau national de radiodiffusion.
Suisse. — Le tourisme et le trafic téléphonique saisonnier.
Tchécoslovaquie. — Propagande en faveur de la radiodiffusion.
La radio au secours des théâtres.
Dispense de payement de la taxe de licence.
U.R.S.S. — Statistiques générales sur le développement de la radiodiffusion.

JURISPRUDENCE.

Lutte contre les interférences. — Jugement du tribunal correctionnel de Montpellier du 19 mars 1935.
Fonctionnaire. — Services militaires assimilés aux services civils. — Maintien exceptionnel d'une classe sous les drapeaux.
Propriété littéraire et artistique. — Droits de l'Etat. — Ouvrage établi par un fonctionnaire dans l'exercice de ses fonctions. — Carnets d'école. — Etat propriétaire.

BIBLIOGRAPHIE.

A. Articles de revue.
B. Ouvrages entrés récemment à la Bibliothèque centrale.
Sommaire du n° 5 des *Annales des P. T. T.*

Le Gérant :

Henri Dévé.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 12-8-35.

LES SERVICES SPÉCIAUX DANS LE RÉSEAU DE BRUXELLES,

par Georges MONNIG,
directeur à la Régie des Télégraphes et des Téléphones de Belgique.

Au début de la mise en automatique des bureaux de Bruxelles équipés dans le système Rotary, les sélecteurs secondaires pour services spéciaux ne donnaient accès qu'à cinq niveaux impairs, soit à la moitié de la capacité en niveaux de ces sélecteurs.

On pouvait atteindre :

l' « interurbain » en transmettant le numéro 01
le « régional » 03
le « télégraphe » 05
les « renseignements » 07
la « surveillance » 09

Seules, les lignes d'appel du 09 étaient localisées dans le bureau du demandeur où elles aboutissaient à une table de surveillance. Les autres, installées dans le bâtiment de la rue de la Paille (01, 03 et 07) et au bureau du télégraphe (05), étaient reliées aux sélecteurs du bureau de départ par des jonctions bifilaires. Aucun service spécial ne donnait lieu au comptage de la communication, le combineur du circuit de connexion étant maintenu en position 10 ou 11 pendant la conversation.

Par la suite, on équipa les niveaux pairs et notamment le niveau 08 qui fut affecté au service des dérangements installé dans le bureau du demandeur. En même temps, on décidait de faire compter comme locale, la communication à destination du télégraphe ; dans ce but, le circuit de la ligne d'appel du 05 fut modifié de façon à produire une boucle au moment de la réponse de l'opérateur et à faire passer ainsi le combineur du circuit de connexion

en position normale de conversation, c'est-à-dire en position 12.

Vers 1928, la décision fut prise de créer le 10e bureau urbain, le bureau d'Anderlecht — à 3 km du centre du réseau — ce qui posa le problème d'une répartition nouvelle des niveaux des sélecteurs primaires. Le premier niveau resta affecté aux services spéciaux ; quant aux neuf autres, ils furent attribués aux séries de numéros indiquées ci-dessous :

	Niveau 1	00 à 09 et jonctions vers le bureau de transit suburbain.		
Capacité totale : 180.000 lignes.	Niveau 2	17.00.00 à 18.99.99	Bureau	Marais.
	— 3	47.00.00 à 48.99.99	—	Ixelles.
	— 4	37.00.00 à 38.99.99	—	St-Gilles.
	— 5	25.00.00 à 26.99.99	—	Jette.
	— 6	15.00.00 à 16.99.99	—	Schaerbeek.
	— 7	43.00.00 à 44.99.99	—	Uccle.
	— 8	33.00.00 à 34.99.99	—	Linthout.
	— 9	21.00.00 à 22.99.99	—	Anderlecht.
	— 10	11.00.00 à 12.99.99	—	Paille.

De chacun des niveaux 2 à 10 partent, en un seul faisceau, des jonctions bifilaires qui aboutissent, dans le bureau destinataire, à des sélecteurs secondaires entrants dont tous les niveaux sont utilisables : les 5 niveaux pairs correspondent à l'un des groupes de 10.000 lignes, les 5 niveaux impairs à l'autre groupe de 10.000.

Remarquons qu'en prévision de l'établissement par la voie automatique des communications entre les abonnés de la ville et ceux des bureaux suburbains, le premier niveau doit pouvoir servir non seulement à établir les communications vers les services spéciaux, mais également à relier les bureaux urbains au centre de transit suburbain ; d'où en quelque sorte, nécessité de centraliser tous les sélecteurs secondaires pour services spéciaux au centre de transit. On fut ainsi amené tout naturellement à installer, à titre d'essai, dans le bâtiment de la rue de la Paille, les sélecteurs de l'espèce destinés au bureau d'Anderlecht.

Le diagramme de jonctions de la figure 1 montre que les services spéciaux d'Anderlecht et de Paille sont communs et que

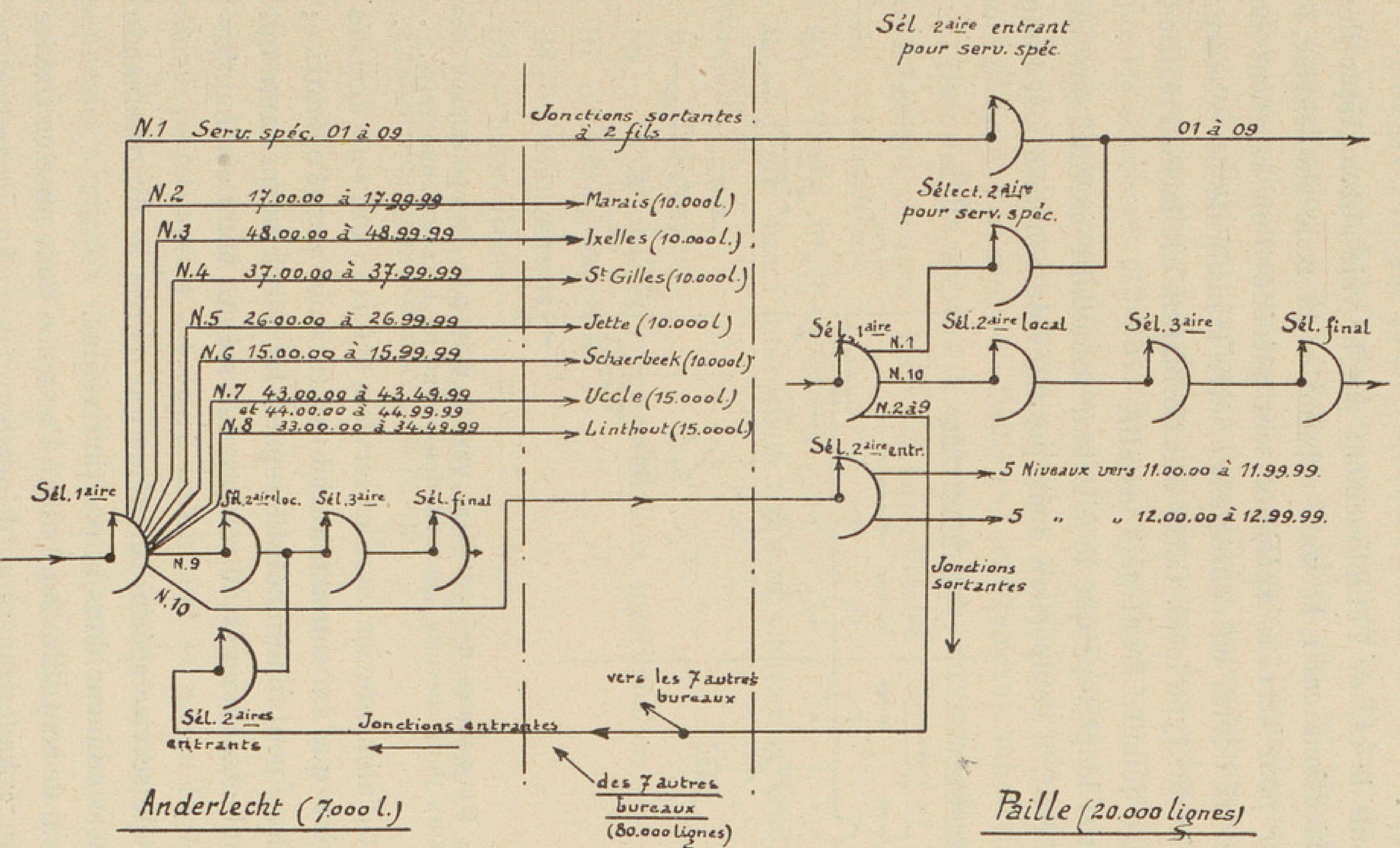


Fig. 1. — Diagramme de jonctions partiel montrant l'emplacement des sélecteurs pour services spéciaux centralisés.

les sélecteurs pour services spéciaux d'Anderlecht sont du type entrant — avec pont d'alimentation — répondant aux conditions suivantes :

1° Dans le cas de l'établissement par la voie automatique des communications entre la zone urbaine et la zone suburbaine, le sélecteur pour services spéciaux sera précédé d'un sélecteur de direction et devra, en conséquence, être transformé en sélecteur secondaire du type local. Cette transformation est facile à réaliser, le câblage définitif étant déjà installé.

2° Aussi longtemps que le sélecteur secondaire entrant sera du type entrant, il comportera deux positions de conversation, l'une

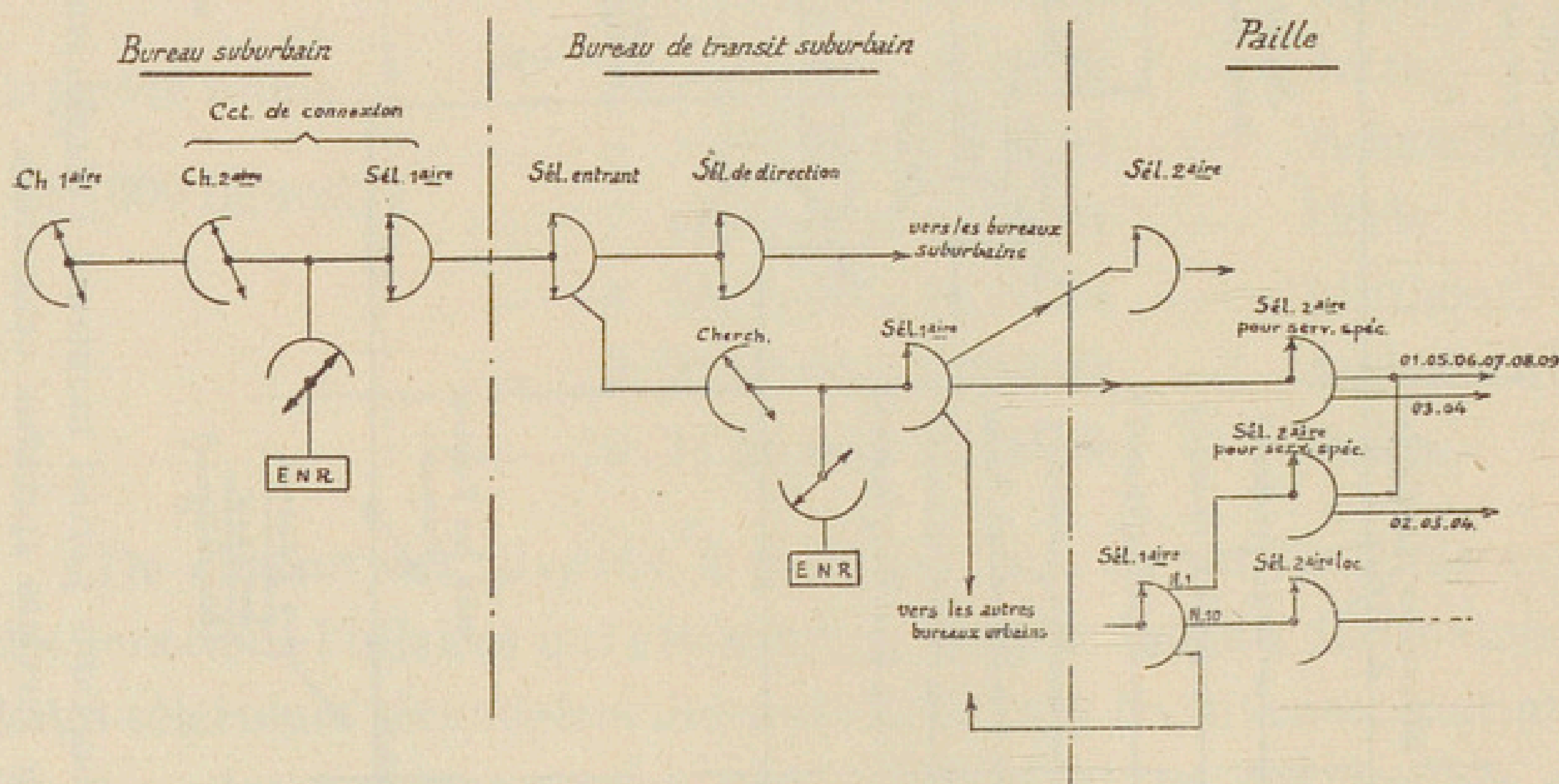


Fig. 2. — Diagramme de jonctions partiel montrant l'emplacement des sélecteurs pour services spéciaux desservant les bureaux suburbains.

sans pont d'alimentation pour les services spéciaux qui sont agencés de manière que la communication soit tenue par l'opératrice; l'autre avec pont d'alimentation pour les services spéciaux qui permettent aux abonnés de rompre eux-mêmes leurs communications.

C'est le service spécial lui-même qui, par le 3e fil, commande l'arrêt du combineur dans la position voulue.

L'essai de centralisation tenté à l'occasion de la mise en service du bureau « Anderlecht » a pleinement réussi. La centralisation a permis de réaliser de sérieuses économies en personnel, en paires de câbles et en circuits. Aussi la tendance actuelle est-elle de pour-

suivre cette centralisation en commençant par les services spéciaux eux-mêmes.

Disons cependant qu'en ce qui concerne les bureaux suburbains, c'est-à-dire ceux de la zone comprise entre 10 et 20 km de rayon, la centralisation a été réalisée d'emblée (fig. 2). En effet, les sélecteurs primaires de transit qui servent à l'établissement des communications entièrement automatiques entre les abonnés suburbains et les abonnés urbains donnent accès aux mêmes niveaux que les sélecteurs primaires des autres bureaux ; en particulier, le premier niveau conduit à des sélecteurs secondaires pour services spéciaux localisés au bureau « Paille » et la plupart de ces services sont communs au bureau « Paille » et aux bureaux suburbains.

Huit des dix niveaux des sélecteurs pour services spéciaux sont actuellement occupés ; les voici dans l'ordre :

01 — Interurbain.

02 — Trafic direct suburbain.

03 — Trafic direct interurbain (Anvers, Charleroi, Gand, Liége, Verviers).

05 — Télégraphe.

06 — Taxation des communications interurbaines.

07 — Renseignements.

08 — Dérangements.

09 — Surveillance.

Le « 00 » est réservé au service des pompiers (non en service).

Passons-les successivement en revue.

Interurbain « 01 ». — Les lignes d'appel de l'interurbain par les abonnés sont individuelles par bureau central — les bureaux Paille, Anderlecht et les bureaux suburbains étant considérés comme ne formant à cet égard qu'un seul et même bureau. Les lampes d'appel et les jacks de réponse étaient multiplés sur les panneaux verticaux des positions d'annotatrices. Les opératrices répondaient aux appels dans un ordre à peu près quelconque. Aussi des dispositifs spéciaux furent-ils imaginés pour essayer de sérier les appels et d'uniformiser les délais de réponse : vacillement de la lampe d'appel après une vingtaine de secondes d'attente, utilisation

de calottes de lampe de différentes couleurs avec priorité de réponse suivant un ordre déterminé.

Etant donné l'importance du multiple (160 lignes), aucun de ces dispositifs ne donna entière satisfaction, ce qui conduisit à l'adoption d'un système de recherche automatique avec classement des appels.

Actuellement, ceux-ci sont reçus de la façon suivante (fig. 3). Les cent lignes d'appel du 01 venant de l'ensemble des bureaux sont multiplées sur les bancs de 30 chercheurs à 5 balais ; 15 de ces chercheurs sont conjugués à 15 positions d'annotatrices équipées chacune d'une clé à 3 positions et d'une lampe d'appel. Les 15 autres chercheurs sont réservés aux appels en instance ; au total, 30 appels simultanés peuvent être reçus par des chercheurs.

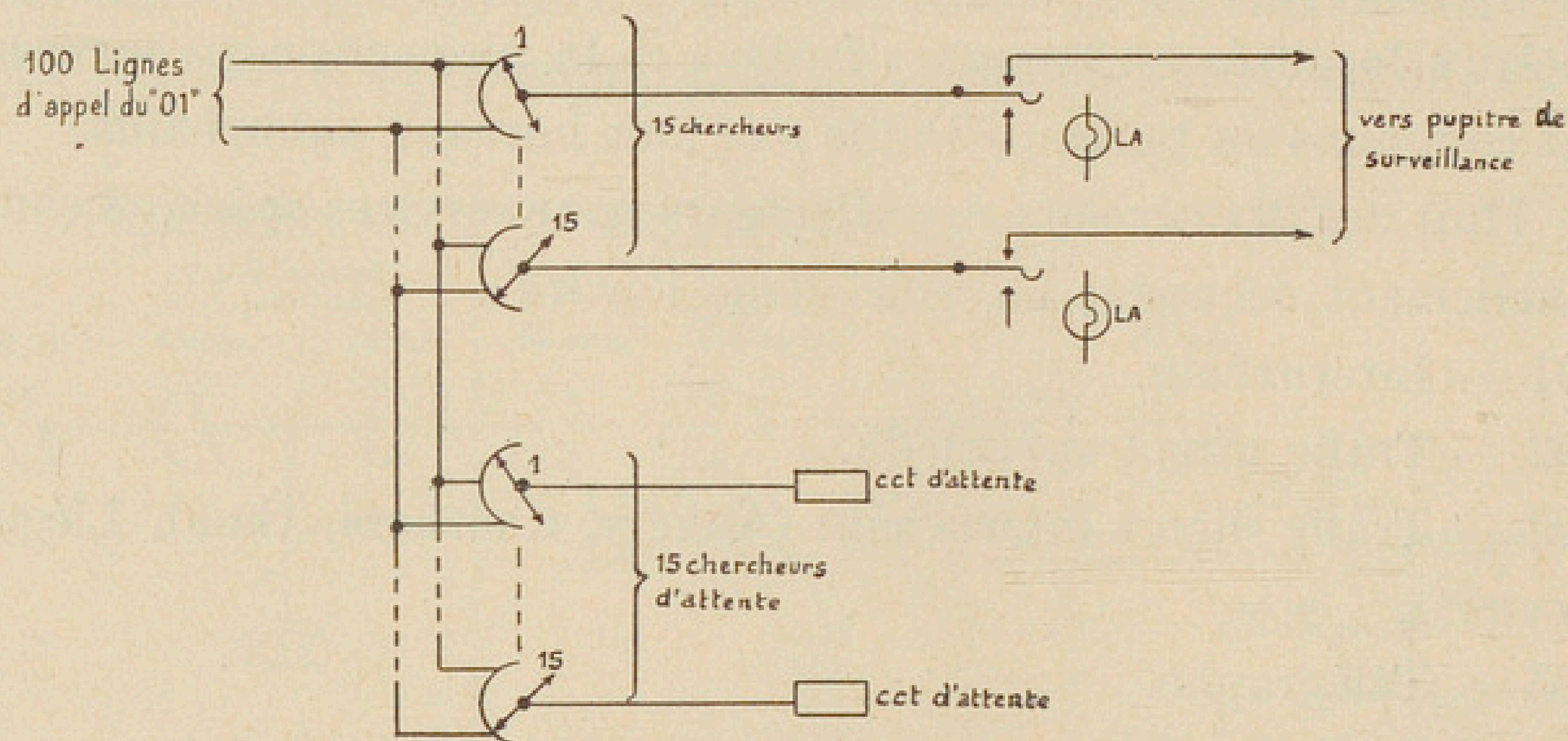


Fig. 3. — Représentation des 30 chercheurs des lignes d'appel de l'interurbain par les abonnés.

Quand un abonné d'un bureau quelconque prend une ligne d'appel du 01, les chercheurs correspondant aux positions desservies par des opératrices libres, se mettent en mouvement tout comme des chercheurs primaires d'un groupe de 100 abonnés ; le premier chercheur qui rencontre la ligne appelante, s'y arrête, ce qui provoque l'allumage de la lampe d'appel sur une seule position d'annotatrice, celle conjuguée au chercheur en prise ; les autres chercheurs s'arrêtent également.

Pour répondre, l'opératrice manœuvre sa clé à 3 positions ; a lampe d'appel s'éteint.

Si toutes les opératrices présentes sont occupées, l'appel est reçu par le premier chercheur d'attente qui envoie vers l'abonné le signal de sonnerie ; l'appel suivant est reçu par le 2e chercheur d'attente, et ainsi de suite jusqu'au 15e. Au delà, une lampe d'encombrement s'allume au pupitre de la surveillance « inter ».

Les appels en instance sont repris, dans l'ordre où ils ont été reçus, par les chercheurs des positions où les opératrices deviennent libres ; par exemple, le 1er appel en instance met en mouvement le ou les chercheurs d'opératrices libres jusqu'au moment de la rencontre par l'un de ceux-ci ; le 1er chercheur d'attente est ainsi libéré ; puis le 2e et ainsi de suite, au fur et à mesure que des positions deviennent libres. Il est bien entendu que tout nouvel appel arrivant au 01 ne peut être pris par un chercheur d'opératrice aussi longtemps qu'il reste des appels en instance raccordés à des chercheurs d'attente. Ce nouvel appel est reçu, en supposant que le 15e chercheur d'attente tienne encore un appel en instance, par le 1er chercheur d'attente; un 2e appel nouveau, par le 2e chercheur d'attente, et ainsi de suite. Et lorsque tous les appels en instance auront été repris par des chercheurs d'opératrices, ceux-ci pourront fonctionner à nouveau de façon normale comme chercheurs de lignes d'appel du 01.

En résumé, aussi longtemps que le nombre d'appels simultanés est inférieur ou égal au nombre d'opératrices présentes, la recherche est libre et les appels sont pris dans un ordre quelconque par les chercheurs conjugués aux positions. Si, au contraire, le nombre d'appels est supérieur au nombre d'opératrices présentes, les chercheurs d'attente entrent en jeu l'un après l'autre de façon à classer, dans leur ordre d'arrivée, les appels qui n'ont pu être pris directement par des opératrices ; ces appels sont alors repris dans le même ordre au fur et à mesure que les positions redeviennent libres.

Disons quelques mots sur les particularités du circuit (fig. 4). Le chercheur d'attente n° 1 est commandé par le relais SDR_1 qui ne fonctionne qu'en cas de surcharge des chercheurs d'opératrices, c'est-à-dire quand LGR, relais d'encombrement du circuit de démarrage, reste inactif. SDR_1 commande, à travers un contact de repos du relais OCR, le fonctionnement de POR qui ferme le circuit de

PF et le circuit de test. Quand l'appel est pris, CTR, SOR, LHR, CMR et OCR fonctionnent.

OCR, attiré, fait fonctionner éventuellement le relais de commande POR du 2e chercheur d'attente ; d'autre part, les relais TSR de tous les chercheurs de position sont attirés dans le but d'ouvrir les

Fig. 4. — Schéma partiel des lignes d'appel de l'interurbain par les abonnés.

fils de test T et d'aiguiller les relais de test vers les fils D en sorte que les chercheurs de position sont dans l'impossibilité de prendre directement les appels entrants, mais dans l'obligation de tester ceux déjà pris par les chercheurs d'attente. En effet, dès qu'une opératrice devient libre, le relais LHR du chercheur de position retombe et son électro PF est excité par TSR attiré. L'arrêt du chercheur

en rencontre se produit après fonctionnement de CTR ; puis SOR et LHR fonctionnent. Celui-ci se maintient sur le 3e fil de la ligne appelante tandis qu'il fait retomber le relais LHR du circuit d'attente qui redevient libre.

Ajoutons que la libération du circuit est placée sous la dépendance exclusive de l'abonné demandeur et que la communication n'est pas comptée.

La communication interurbaine ou internationale demandée par un abonné urbain est établie par rappel, au moment voulu,

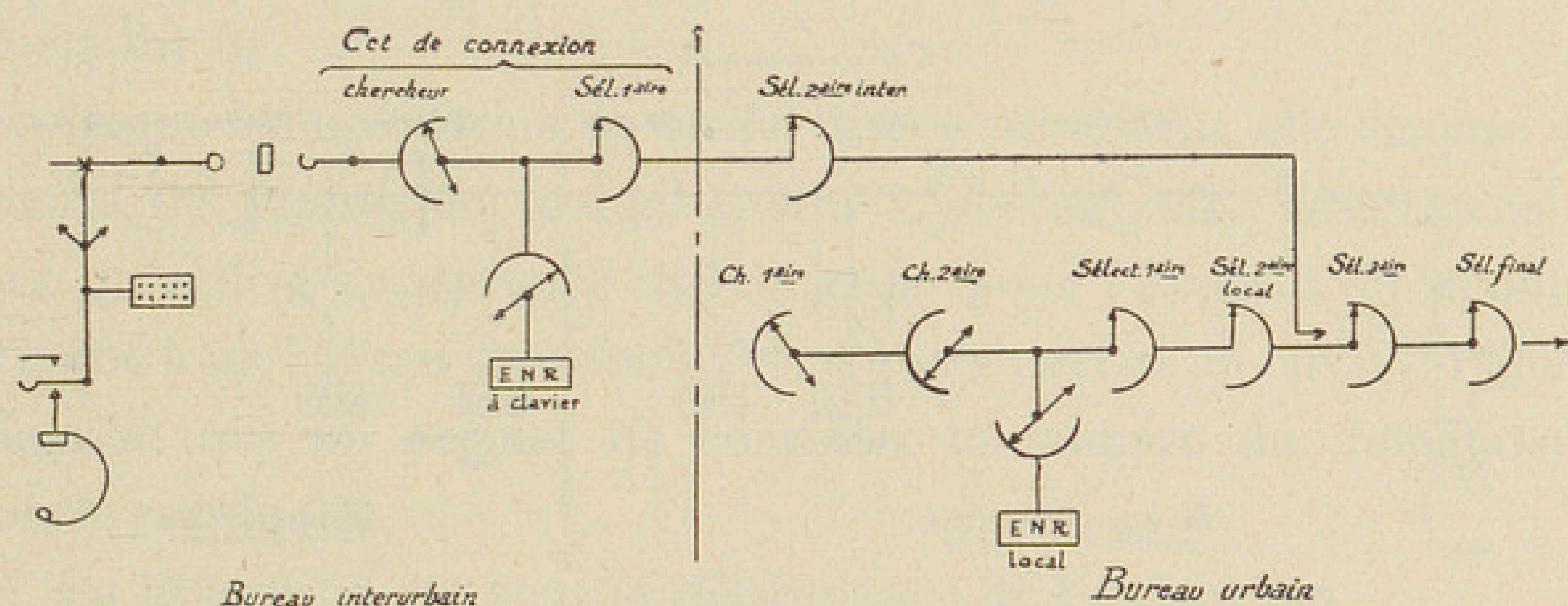


Fig. 5. — Appel des abonnés par l'interurbain au moyen de l'automatique.

à l'aide, soit d'un monocorde intermédiaire situé dans le bureau de l'abonné, soit d'un équipement automatique (fig. 5) comprenant :

circuit de connexion, enregistreur à clavier et sélecteur secondaire interurbain ; celui-ci, installé dans le bureau automatique local, possède un pont qui permet de suralimenter le poste de l'abonné. D'autre part, ce sélecteur secondaire conduit l'appel vers les sélecteurs tertiaire et final locaux ; autrement dit, le trafic interurbain est simplement superposé au trafic local. C'est ainsi que, la sélection achevée, le courant d'appel est lancé automatiquement sur la ligne de l'abonné ; cependant, celui-ci peut raccrocher momentanément car l'opératrice est à même de le rappeler.

Dans le cas où l'abonné est occupé, l'opératrice perçoit le signal habituel d'occupation ; mais ne peut se porter en écoute sur la conversation en cours. Elle est cependant à même d'offrir une communication à l'aide d'un équipement automatique comprenant

une chaîne d'organes spéciaux (fig. 6) avec circuit de connexion, sélecteurs secondaire, tertiaire et final ; les opératrices du trafic direct utilisent le même train pour l'identification des numéros d'abonnés ; et d'autre part, les opératrices des positions de surveillance ainsi que les opérateurs des tables d'essai s'en servent pour les essais des lignes.

En principe, chaque groupe de sélecteurs finals comporte, suivant l'importance de son trafic interurbain, un ou deux sélecteurs spéciaux appelés sélecteurs finals combinés. Ce nombre est porté à

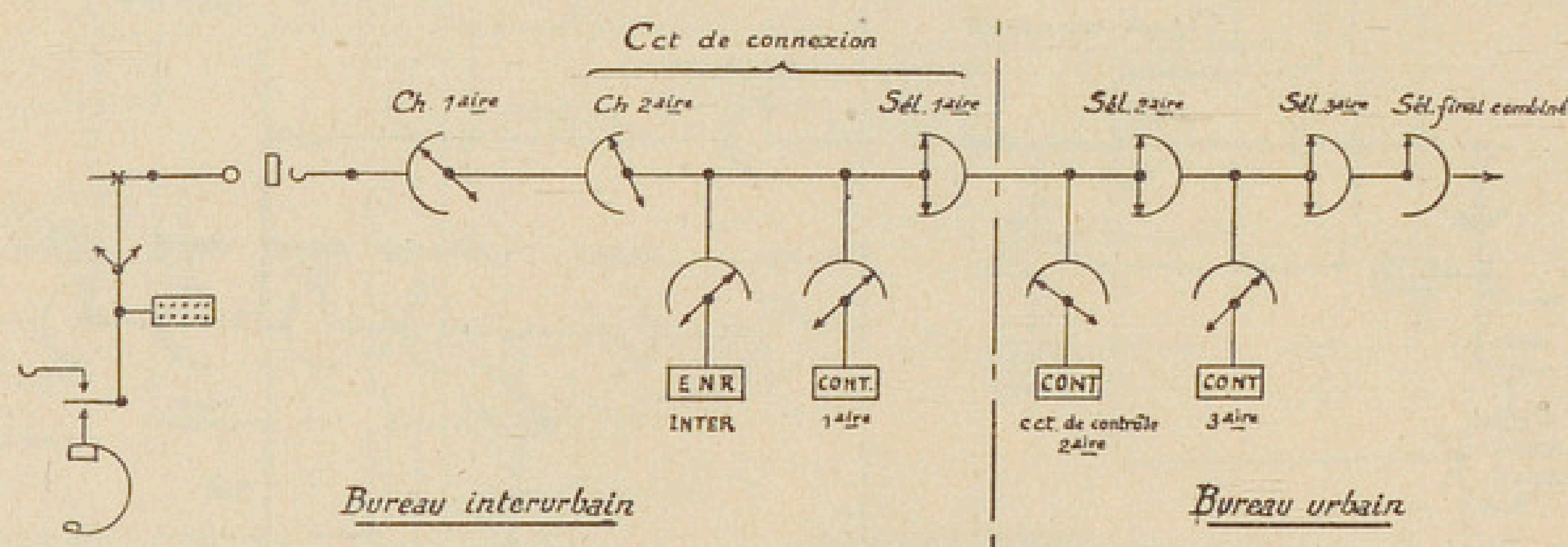


Fig. 6. — Chaîne d'organes spéciaux pour l'offre des communications interurbaines ou l'identification et l'essai des lignes.

trois dans le cas des groupes d'abonnés à lignes multiples (PBX).

Quant à la communication interurbaine ou internationale demandée par un abonné suburbain par le numéro 01, elle est établie à l'aide d'un équipement intermédiaire automatique, faisant partie du bureau de transit suburbain. Il comprend notamment un circuit de connexion, un enregistreur à clavier et un sélecteur de direction donnant accès à des faisceaux de circuits aboutissant à des sélecteurs secondaires entrants dans les bureaux suburbains.

Ici encore, il y a superposition du trafic interurbain au trafic local, mais tous les sélecteurs finals permettent, outre le rappel, l'offre de la communication en cas d'occupation de l'abonné, en sorte que le sélecteur final spécial combiné que comporte chaque groupe ne sert plus qu'à l'identification et aux essais.

Trafic direct suburbain « 02 ». — Les communications dans le sens zone suburbaine — zone urbaine sont entièrement automa-

tiques, la question du comptage multiple et répété ayant été résolue par l'adoption de deux compteurs par ligne d'abonné suburbain : un compteur donne le total des unités de taxation et l'autre, le nombre d'unités relatives aux communications suburbaines.

Il n'en est pas de même des communications dans le sens zone urbaine — zone suburbaine qui, momentanément, sont établies par des positions à trafic direct sans qu'il y ait raccrochage de l'abonné demandeur.

Les lignes d'appel du 02 sont multiplées sur toutes les tables, et la réponse se fait de la même manière qu'auparavant pour les appels du 01.

Quant à l'opératrice du trafic direct suburbain, elle dispose de circuits de connexion, enregistreurs à clavier, etc., identiques à ceux qu'utilise l'opératrice interurbaine pour l'appel d'un abonné rattaché à un bureau suburbain ; et, d'autre part, d'un circuit d'identification qui lui permet de contrôler le numéro du demandeur (voir le cas du 03).

La libération est sous la dépendance de l'opératrice.

Trafic direct interurbain « 03 ». — En 1931, lors de la mise en service du trafic direct entre Bruxelles d'une part, et Anvers et Liége, d'autre part, les lignes d'appel du 03 furent multiplées sur toutes les positions desservant ces lignes. Etant donné l'importance que ce multiple a prise à l'heure actuelle — 200 lignes environ — on a décidé de modifier le système de la façon suivante (fig. 7) :

A chaque ligne d'appel du 03 correspond un chercheur qui, en cas d'appel, part de sa position de repos pour aller à la recherche d'un monocorde libre faisant partie de l'équipement d'une position desservie par une opératrice libre, c'est-à-dire non occupée à établir une communication.

La capacité de ces chercheurs étant limitée à 100, les 200 monocordes prévus ont dû être répartis en trois groupes reliés entre eux par des chercheurs de débordement ; d'autre part, lorsqu'aucun monocorde n'est disponible ou que toutes les opératrices présentes sont occupées, l'appel est dirigé sur un circuit d'attente par l'intermédiaire d'un jeu de broches d'ordre « n » ; un deuxième appel ne

trouvant pas d'issue immédiate vers les monocordes s'arrête sur le jeu de broches d'ordre « n-1 » et ainsi de suite.

Quand une opératrice devient libre, le 1er appel en instance sort et les autres voient leurs chercheurs correspondants s'avancer d'un pas, et ainsi de suite. De cette façon, les appels s'écoulent bien dans l'ordre de leur réception.

L'appel aboutissant à un monocorde libre met automatique-

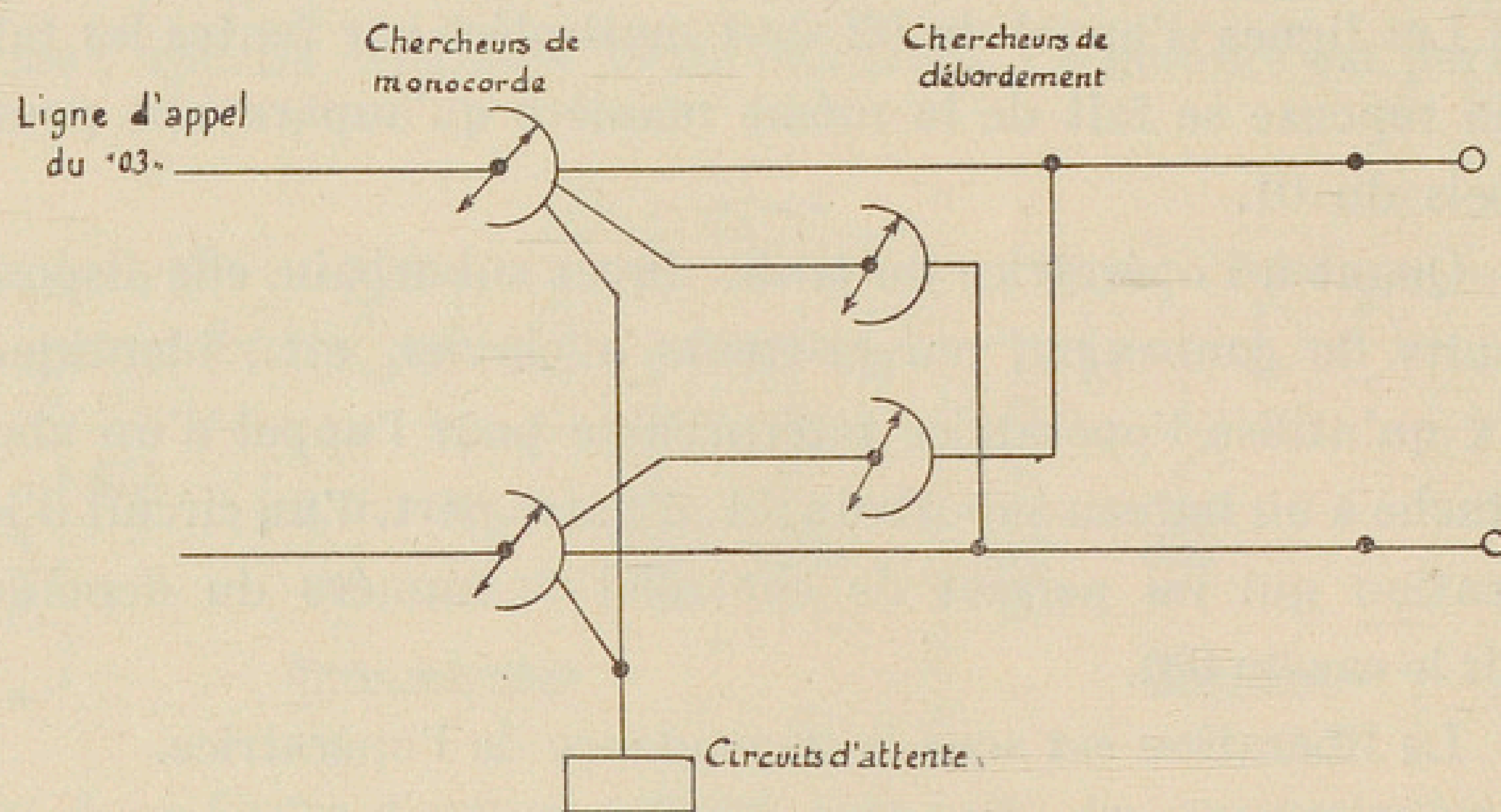


Fig. 7. — Les chercheurs associés aux lignes d'appel du « 03 ».

ment l'abonné demandeur en relation avec l'opératrice sans que celle-ci ait à faire la moindre manœuvre : autrement dit, l'écoute est automatique, de même que le raccordement avec le clavier. Dès qu'elle a pris note de la demande, l'opératrice enfiche le monocorde sur lequel l'appel a été reçu dans un des jacks dont elle dispose vers l'équipement automatique de départ ; puis elle tape le numéro demandé, précédé du préfixe caractérisant le réseau destinataire ; par exemple :

Anvers 72534....3.72534

L'équipement mis en œuvre comprend (fig. 8), lors d'un appel, un circuit de connexion dit « sortant » et un enregistreur à clavier capable de contrôler la sélection de la direction par l'intermédiaire du sélecteur primaire du bureau de départ, puis de transférer au bureau d'arrivée le numéro de l'abonné demandé.

Les impulsions sont transférées en courant alternatif à 50

périodes (on prend le courant d'éclairage s'il est suffisamment stable) lorsque le circuit interurbain ne comporte pas de répéteur ; et en courant à deux fréquences vocales combinées — 600 et 750 périodes — dans le cas contraire.

Disons ici que le système à deux fréquences vocales utilisé pour la première fois en 1934 entre Bruxelles et Verviers et vice-versa a donné toute satisfaction au même titre d'ailleurs que le système à 50 périodes.

Au bureau interurbain d'arrivée, les impulsions sont reçues par un équipement à 50 périodes ou à 600 /750 périodes, et de là, trans-

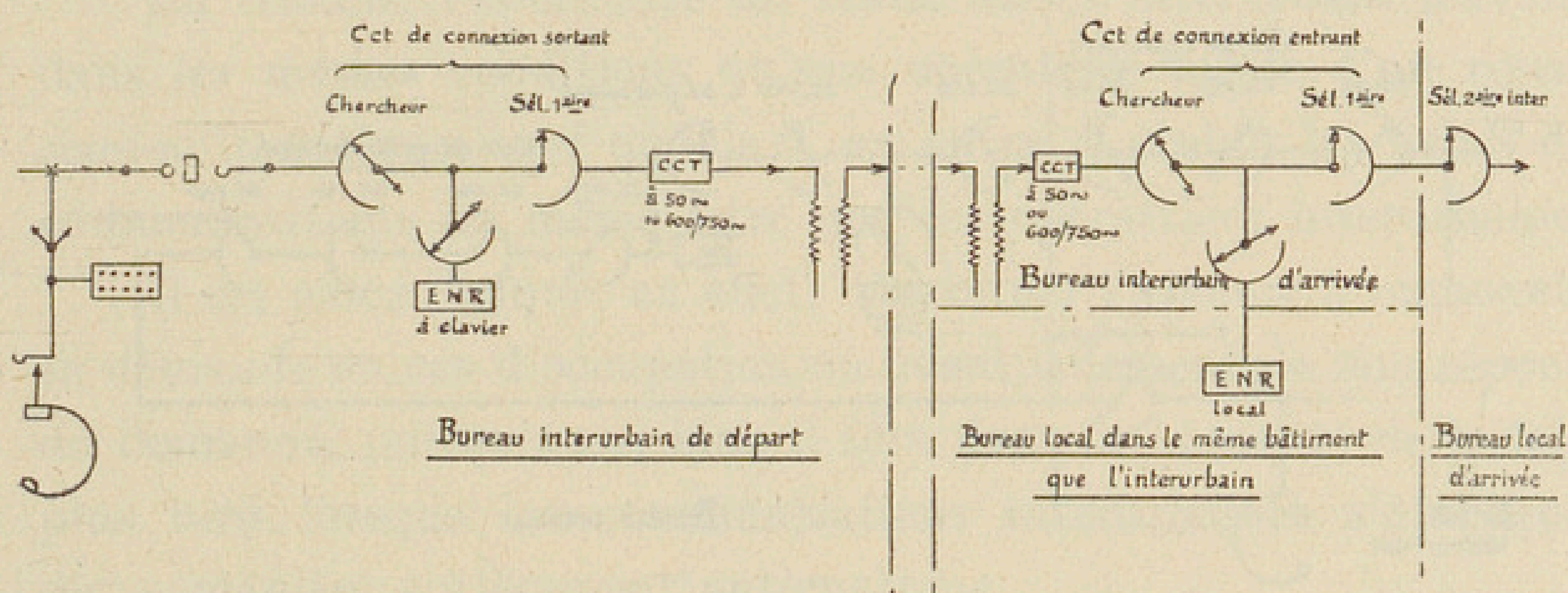


Fig. 8. — Diagramme de jonctions de l'appel des abonnés par les opératrices du trafic direct.

mises à un enregistreur faisant partie d'un bureau automatique local installé dans le même bâtiment à travers un circuit de connexion dit « entrant » : le sélecteur primaire de ce circuit remplit le même rôle que celui d'un circuit de connexion local, mais donne accès aux sélecteurs secondaires interurbains déjà utilisés pour l'appel des abonnés par l'interurbain au moyen de l'automatique.

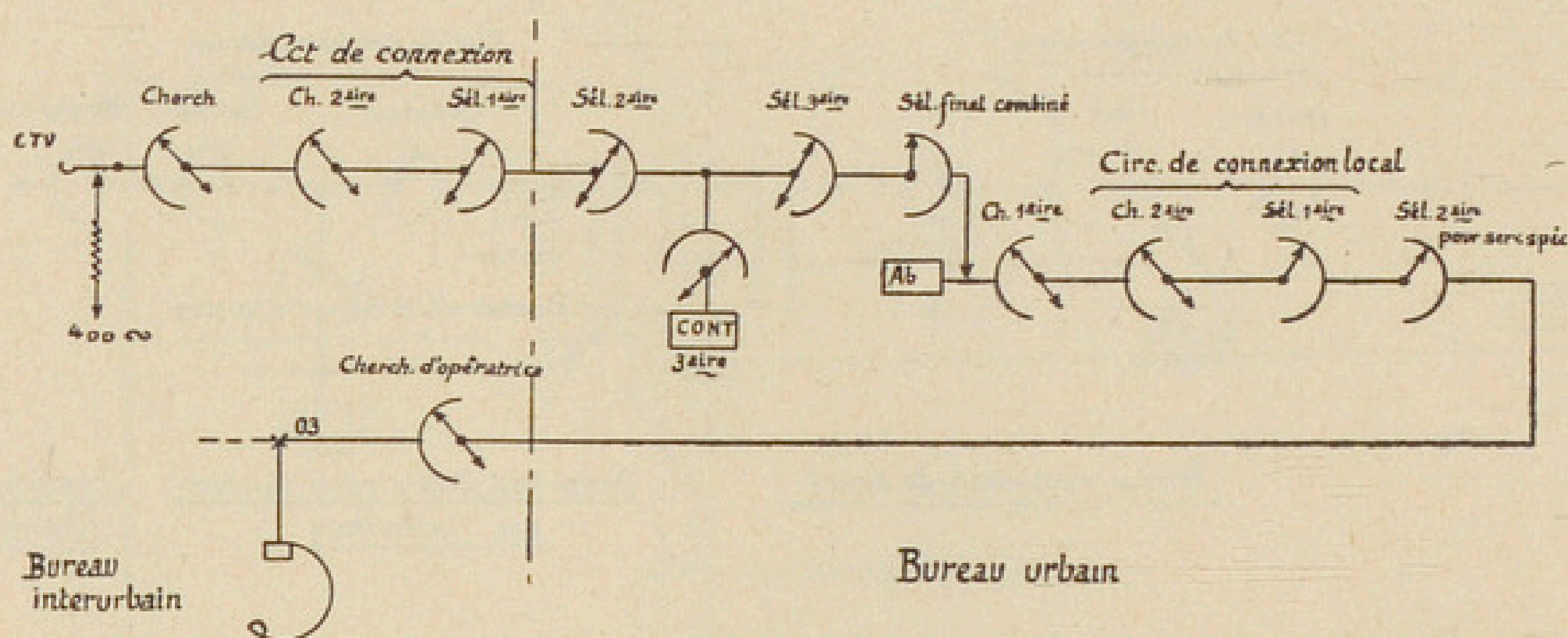
En cas d'occupation du demandé, la lampe de supervision — côté interurbain — conjuguée au monocorde utilisé reste allumée et le demandeur entend le signal d'occupation lointain ; il raccroche alors, soit spontanément, soit sur l'invitation de l'opératrice. Si l'abonné est libre, le demandeur entend le signal de sonnerie de même d'ailleurs que l'opératrice qui reste automatiquement en dérivation pendant un certain laps de temps.

Quand l'abonné répond, la lampe de supervision s'éteint et

l'opératrice, après s'être assurée de l'identité du demandé, met en service le compteur de temps à chiffres sautants (de 10 en 10''), dit téléphonomètre, associé au monocorde utilisé.

C'est à partir de ce moment que l'opératrice redevient « libre » et peut recevoir un nouvel appel du « 03 ».

Disons cependant que dans l'intervalle de la réponse dé l'abonné demandé, l'opératrice doit identifier le numéro du demandeur. Elle dispose à cet effet d'un circuit spécial (fig. 9) comprenant une clé CTV et une lampe, et relié à un circuit de connexion donnant accès par la chaîne d'organes décrite plus haut (voir figure 6)



Feg. 9. — Schéma montrant la façon d'identifier un numéro d'abonné.

au sélecteur final combiné pour l'identification, l'offre et l'essai ; au moment voulu, elle tape le numéro à vérifier et lorsque la sélection est terminée, c'est-à-dire lorsque le final combiné s'est arrêté sur la ligne du demandeur, la lampe s'allume. L'opératrice manœuvre alors la clé CTV, par laquelle elle envoie un signal à 400 périodes vers le circuit 03 pris par le demandeur. L'opératrice n'entend évidemment aucun signal en cas d'erreur de numéro ou de tentative de fraude de la part de l'abonné.

Lorsque la communication interurbaine est terminée, les deux lampes de supervision conjuguées au monocorde utilisé se mettent à scintiller en cadence et le téléphonomètre, qui s'arrête de lui-même, indique la durée de la communication en minutes et en dizaines de secondes.

L'opératrice n'a plus alors qu'à prendre note de cette durée, à déficher et à ramener le compteur au zéro.

Comme autres particularités du système, il convient de signaler que :

1° le rappel de l'abonné demandeur n'a pas été prévu ;

2° si le demandé est occupé, l'opératrice ne peut se porter en écoute sur la conversation en cours ; cependant, en cas de nécessité, l'opératrice est à même de se mettre en communication avec le « 09 » du réseau destinataire et de lui faire vérifier l'occupation du demandé. (Il suffit pour cela que l'opératrice du trafic direct tape le numéro 09 précédé de l'indicatif de ce réseau) ;

3° la libération est sous la dépendance de l'opératrice.

En résumé, l'opératrice du trafic direct interurbain travaille dans les mêmes conditions qu'une opératrice locale d'un réseau semi-automatique, sauf qu'elle a, en outre, à établir les fiches des communications au même titre que les opératrices interurbaines.

Il est assez logique, en effet, d'habituer l'abonné à renouveler sa demande en cas d'occupation ou éventuellement de non réponse du demandé, puisqu'aussi bien il sera dans la nécessité de le faire plus tard lorsque les communications interurbaines s'établiront d'une manière entièrement automatique.

Pour le surplus, il a été prévu deux positions équipées de façon à pouvoir y établir, en cas de besoin, quelques communications en trafic différé.

Télégraphe « 05 ». — Les appels aboutissent actuellement à une position unique où un opérateur les répartit à l'aide de dicordes entre une vingtaine d'autres positions.

Ce service sera très prochainement modernisé tout comme l'ont été les services appelés par le 01 et le 07. Il y a comptage de la communication, mais non blocage du demandeur.

Taxation des communications interurbaines « 06 ». — Ce service, peu important, ne comporte que quelques lignes avec lampes d'appels et jacks de réponse. Il n'y a ni comptage, ni blocage.

Renseignements « 07 ». — Les 50 lignes d'appel du 07 sont multiplées sur les bancs de 10 chercheurs dont chacun est associé

à une position d'opératrice, sur les bancs de 10 chercheurs d'attente et enfin, sur celui d'un 21e chercheur mis à la disposition de la surveillante du groupe. Le fonctionnement est le même que pour l'appel du 01, mais une différence existe quant à la façon de mettre l'abonné en relation avec la surveillante : en effet, quand celle-ci répond à un appel transmis par une des opératrices, elle met en mouvement le chercheur unique dont elle dispose et ce chercheur, après arrêt sur la ligne de l'abonné, libère la position d'opératrice qui peut ainsi recevoir un nouvel appel. De plus, la surveillante dispose d'une clé qui lui permet de libérer son chercheur tout en bloquant la ligne d'appel du « 07 » sur elle-même en cas de faux-appel.

La communication vers le « 07 » donne lieu à comptage. La libération est placée sous la dépendance exclusive de l'abonné.

Dérangements « 08 ». — Les lignes d'appel du « 08 » localisées dans les bureaux urbains sont les seules qui restent individuelles et non centralisées, sauf celles du bureau «Anderlecht» et des bureaux suburbains. Dès lors, si un abonné téléphone d'un bureau voisin pour signaler un dérangement à son raccordement, il est mis en rapport avec le service de son ressort par une des lignes directes qui relient entre eux les différents services des dérangements. Il n'y a ni comptage, ni blocage.

Surveillance « 09 ». — Le « 09 » est le service auquel l'abonné a généralement recours en cas de difficultés quelconques. C'est pourquoi l'installation a été conçue de façon à donner une réponse dans les moindres délais.

Dans ce but, il a été installé un nombre suffisant de positions (12 pour 50 lignes) avec chacune un chercheur de lignes appelantes ; il n'y a pas de chercheur d'attente ; mais un chercheur, analogue à celui qui a été mis à la disposition de la surveillante du service des renseignements, a été conjugué à chaque position, de telle sorte que l'opératrice du service appelé par le 09 est à même d'aiguiller l'appel vers n'importe quelle direction (en manœuvrant une des clés dont elle dispose), tout en libérant son chercheur

d'opératrice. Elle peut bloquer elle-même une ligne d'appel du « 09 » qui est en faux-appel et aussi établir une communication entre abonnés, en utilisant un clavier et l'équipement pour l'appel des abonnés par l'automatique. D'autre part, la position est pourvue d'un voltmètre et d'une série de clés permettant l'essai des lignes d'abonnés dans le rayon de 20 km. Pour atteindre la ligne à essayer,

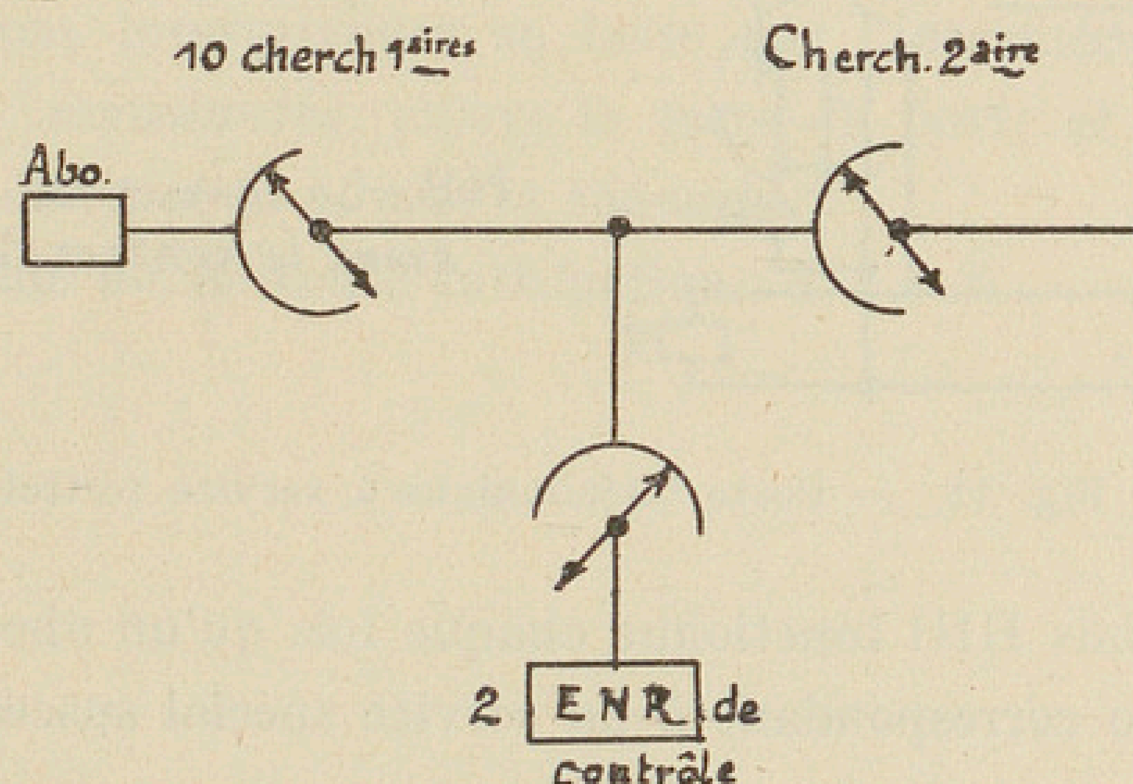


Fig. 10. — Service restreint ; groupe primaire spécial.

l'opératrice utilise une des chaînes d'organes spéciaux dont il a déjà été question plus haut.

Il n'y a comptage de la communication que dans le cas où l'abonné demande un renseignement qui donne lieu à taxation : demande de l'heure, par exemple.

Le service restreint. — Divers systèmes de service restreint ont été essayés :

dispositifs mécaniques ou électromécaniques installés dans le poste téléphonique ;

groupes primaires spéciaux ;

enregistreurs conçus pour le service restreint.

Le premier système est certes le moins intéressant eu égard aux fraudes toujours possibles et aux difficultés d'entretien.

Quant au 2e (fig. 10), il est très compliqué, bien que d'un fonctionnement assez sûr ; mais il oblige à un groupement spécial des lignes et est sujet par sa nature même à de fréquents encombrements.

Le 3e système fait faire le contrôle du service restreint par l'enregistreur lui-même (fig. 12) et cela, de la façon suivante :

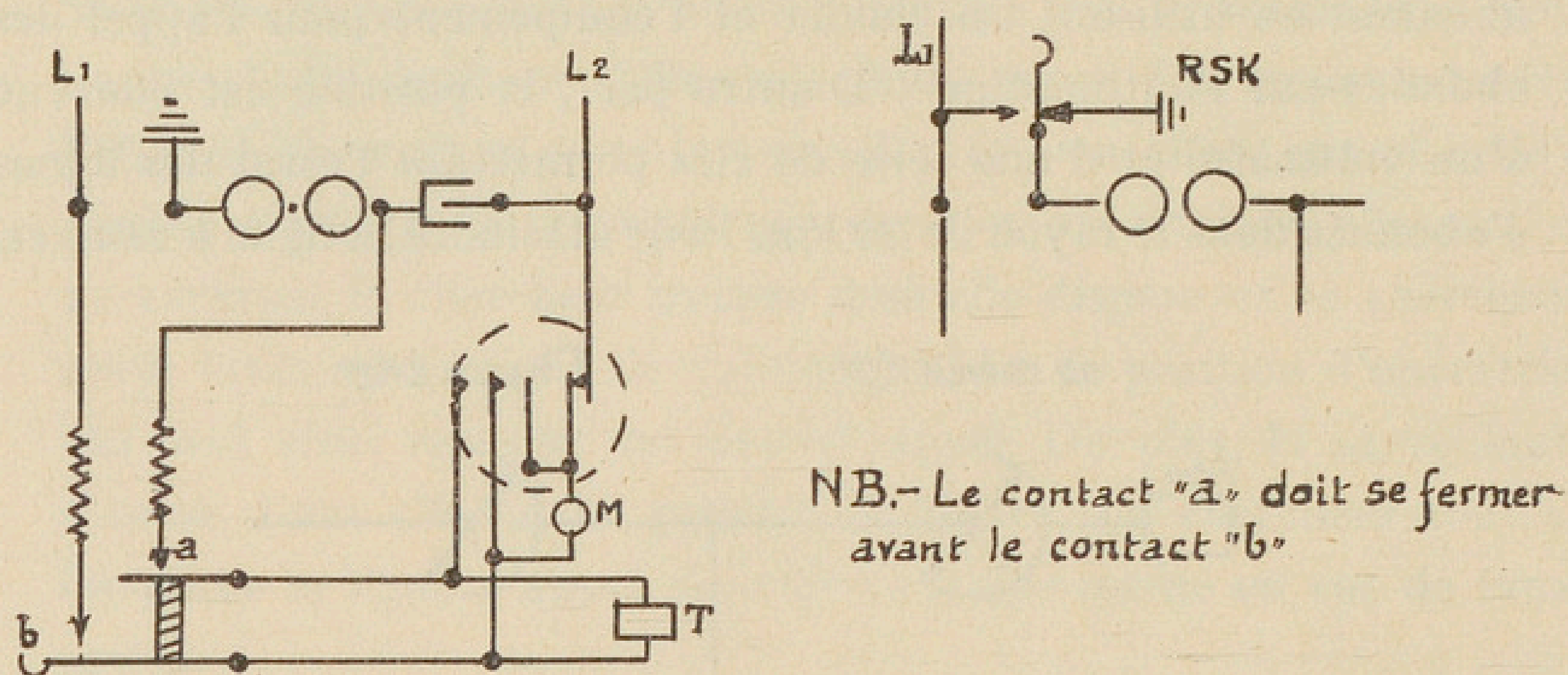


Fig. 11. — Poste téléphonique à service restreint.

Le relais RIR fonctionne chaque fois qu'un abonné transmet un numéro correspondant à un service spécial susceptible de res-

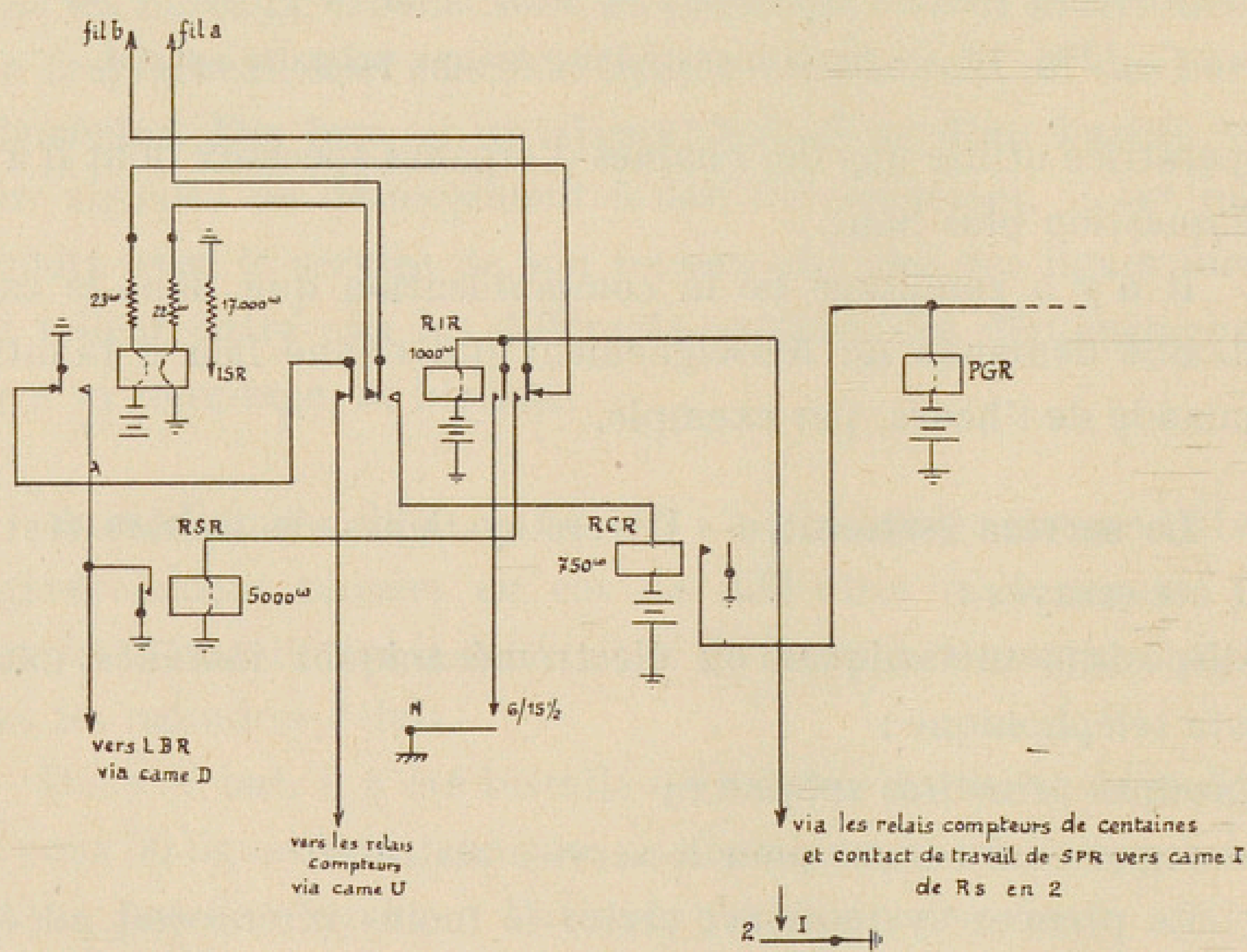


Fig. 12. — Schéma partiel de l'enregistreur conçu pour le service restreint.

triction : 01 à 06 et se bloque jusqu'après la position 15 1/2 de R4.

Si le poste téléphonique de l'abonné (fig. 11) présente une terre à travers les 1.000 ohms de la sonnerie, le relais RCR fonc-

tionne à son tour, ce qui provoque le relâchement prématuré de l'enregistreur par le fonctionnement du relais PGR. Comme le relais ISR est déconnecté de la ligne, le relais LBR est maintenu, pendant le contrôle, par le contact de travail de RSR attiré à travers la boucle du poste.

Certains abonnés sont à service restreint permanent, mais une grande proportion d'entre eux demandent que le contrôle des communications interurbaines se fasse par l'intermédiaire de la clé RSK qui, manœuvrée, enlève la terre du poste et rétablit la liaison normale entre le fil *a* et la sonnerie.

Ce système donne toute satisfaction.

LE CENTRE DE MESURES ET DE CONTROLE DES ÉMISSIONS RADIOÉLECTRIQUES,

par G. ESPINASSE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'Administration des P.T.T. a été chargée de construire et d'exploiter le Centre de mesures des fréquences et de contrôle des émissions radioélectriques, dont la création avait été décidée par une Commission interministérielle réunie en 1930.

Ce centre (fig. 1), a été édifié sur le terrain du centre radio-récepteur de Noiseau et il est en service depuis trois ans.

Son rôle principal est d'étudier et de contrôler les émissions des stations françaises et étrangères et, par suite, de *mesurer la fréquence et le champ des signaux* radioélectriques.

Le centre de contrôle est également chargé d'étudier les documents publiés par le Bureau de l'Union internationale des télécommunications auquel doivent être faites toutes les nouvelles déclarations de fréquences. Il signale toutes les irrégularités de déclaration et provoque ainsi les réclamations de l'Administration française.

Enfin, l'étude de la propagation des ondes longues et courtes a été confiée au Centre de mesures qui utilise les nombreux documents qu'il possède sur les conditions de réception à Paris de toutes les stations étrangères.

I. Mesure des fréquences radioélectriques.

a) **Utilité des mesures de fréquences.** — La mesure des fréquences est indispensable pour éviter ou faire disparaître les brouillages entre les émissions.

Les règlements de la Conférence de Madrid imposent aux émetteurs du service fixe sur ondes courtes une stabilité de 0,02 % qui

permet de placer à moins de 10 kc : s les unes des autres les fréquences des diverses émissions sans risque de brouillage. Aussi, pour intervenir efficacement, le centre doit pouvoir mesurer une fréquence avec une précision supérieure au $\frac{1}{10.000}$. Or une mesure

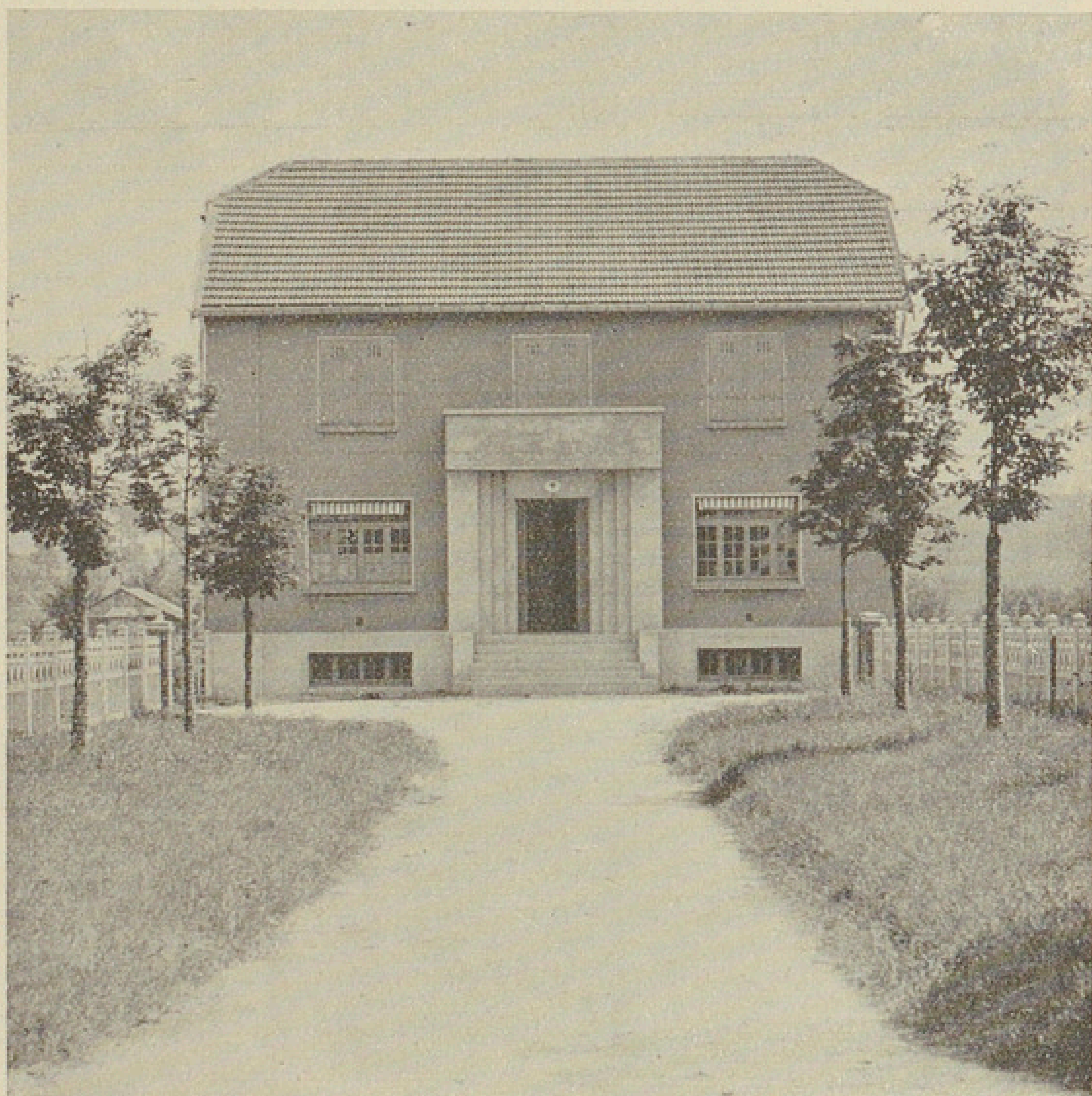


Fig. 1.

au $\frac{1}{10.000}$ est une mesure de précision qui ici *doit être faite rapidement* et par un personnel ayant quelquefois une formation technique assez réduite. Ce résultat est actuellement obtenu au Centre de mesures et on peut même penser qu'une plus grande précision est souvent atteinte car les mesures faites simultanément avec des laboratoires étrangers donnent des résultats comparables au $\frac{1}{20.000}$.

Chaque semaine les fréquences des émetteurs de l'Administration sont mesurées plusieurs fois et les résultats sont immédiate-

ment communiqués aux chefs des stations qui peuvent assurer ainsi une surveillance efficace de la stabilité des émetteurs. Chaque station possède également des ondemètres de précision dont elle peut facilement vérifier l'étalonnage en procédant à des mesures simultanées avec le centre de contrôle.

En plus de ces mesures régulières, le centre intervient chaque fois qu'un brouillage troublant l'exploitation est signalé et il détermine quel est l'émetteur dont la variation de fréquence cause le brouillage.

Toutes les Administrations (Guerre, Marine, Société Radio-France, etc...) ou Offices étrangers peuvent demander une mesure. Celle-ci est faite immédiatement et les résultats sont envoyés par service télégraphique. Généralement la réponse est donnée dans les cinq minutes.

Une mesure de fréquence à un instant donné permet d'éviter ou de faire disparaître une interférence entre émissions voisines, mais une surveillance rationnelle d'une émission au point de vue de la fréquence comprend aussi une étude de la stabilité moyenne et de la stabilité instantanée.

La stabilité moyenne est caractérisée par la loi des variations lentes de fréquence de l'émetteur et elle peut s'exprimer par la variation relative de fréquence en une heure.

La stabilité instantanée est caractérisée par les écarts rapides de fréquences autour de la fréquence moyenne en cours de modulation.

b) **Appareils utilisés pour la mesure des fréquences.** — La gamme des fréquences à mesurer s'étend de 25.000 kc : s (12 mètres) à 15 kc : s (20.000 mètres). La réalisation de fréquencemètres permettant la mesure directe de toutes les fréquences de cette gamme avec une précision supérieure au 1 /10.000 serait presque impossible en raison de l'encombrement et du prix du matériel.

Aussi, on fait les mesures par interférences entre l'onde reçue et les *harmoniques* d'une fréquence produite localement. Lorsque la fréquence de battement est connue (généralement nulle), on est ramené à mesurer la fréquence de l'hétérodyne locale.

Soit F_0 la fréquence la plus basse émise par l'hétérodyne. Si

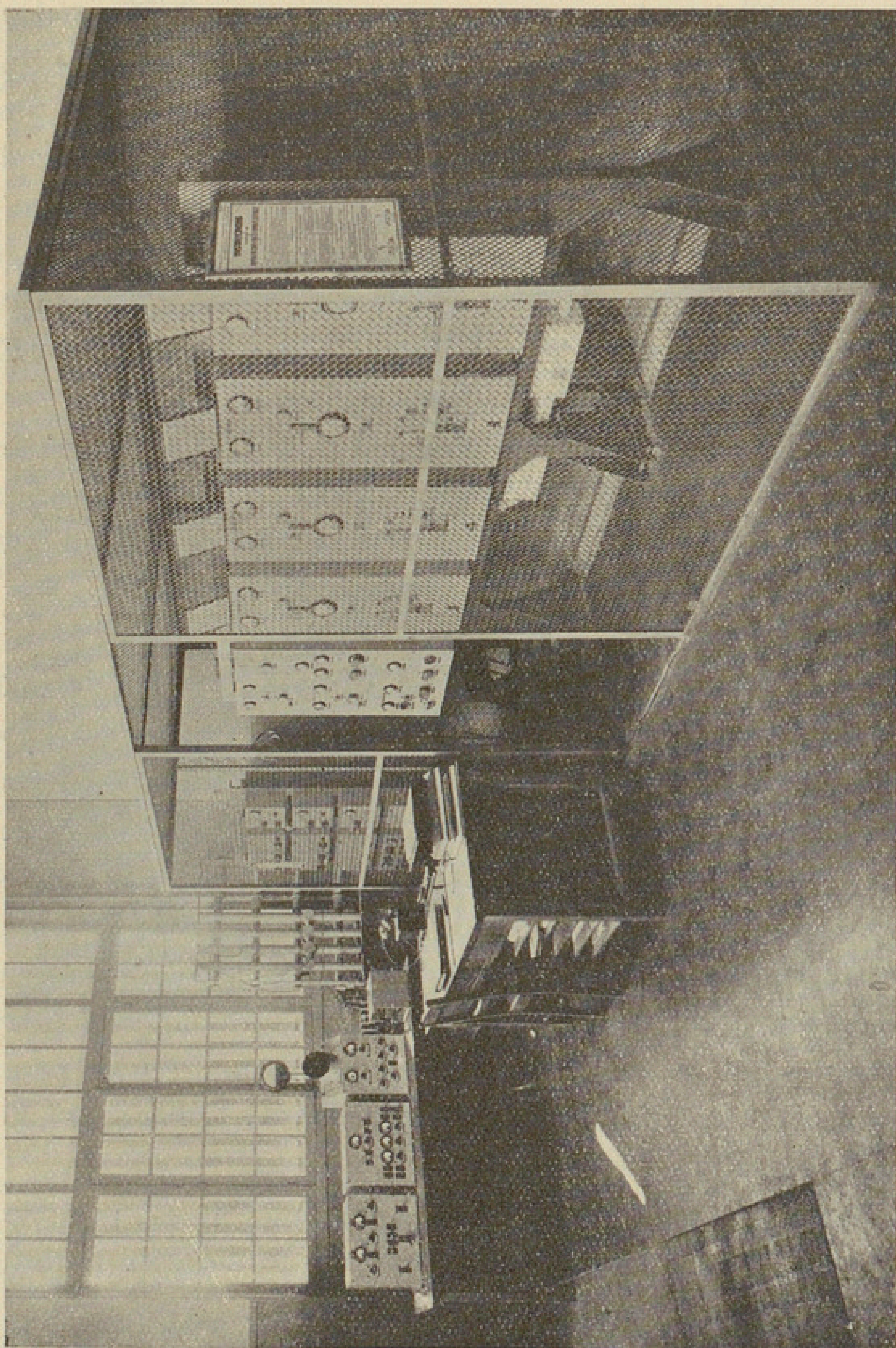


Fig. 2. — Récepteur et ondemètres ondes courtes.

la gamme de fréquence couverte par l'hétérodyne s'étend de F_0 à 2 F_0, on pourra toujours trouver une fréquence F comprise entre F_0 et 2 F_0 dont un harmonique de rang N soit de fréquence égale à la fréquence à mesurer supposée plus grande que F_0.

Lorsque l'hétérodyne est étalonnée, la valeur de F est donnée immédiatement. Mais il est assez difficile de rendre l'étalonnage constant et indépendant des conditions d'alimentation des lampes triodes et on préfère souvent mesurer la fréquence F au moyen d'un ondemètre de précision dont les constantes ne dépendent pas d'éléments extérieurs forcément variables. Cet appareil doit permettre la mesure des fréquences comprises soit entre F_0 et 2 F_0, soit entre des harmoniques convenablement choisis de F_0 (par exemple 4 F_0 et 6 F_0).

Généralement la détermination du rang de l'harmonique ne présente pas de difficulté lorsque N n'est pas trop élevé (inférieur à 25), car les circuits d'accord du récepteur utilisé dans ces mesures, permettent déjà de repérer la fréquence avec une précision au moins égale au 1 /100.

Mais lorsque N est élevé, la mesure devient difficile et même impossible. Aussi, nous avons été conduits au centre de Noiseau à utiliser deux ensembles de fréquencemètres. L'un sert à la mesure des fréquences dans la gamme 25.000 kc : s (12 m) à 2140 kc : s (140 m.), l'autre dans la gamme 2140 kc : s — 15 kc : s (20.000 mètres).

c) **Ensemble de mesure pour ondes courtes.** — Il comprend : un récepteur pour la gamme 72 — 140 mètres, une hétérodyne 70 mètres — 140 mètres et quatre ondemètres de précision permettant de repérer les fréquences comprises entre 17.120 kc : s (17,50 m) et 8560 kc : s (35 m) (fig. 2).

D'après ce que nous avons déjà expliqué, il est possible en utilisant les harmoniques de l'hétérodyne de mesurer toutes les fréquences plus grandes que 2410 kc : s (140 m.).

Récepteur. — En principe dans tous ces récepteurs utilisés pour les mesures, nous avons évité tous les schémas comportant un changement de fréquence et une amplification sur une fréquence intermédiaire afin de se protéger contre toutes les inter-

férences parasites, susceptibles de faire commettre des erreurs.

Le récepteur comprend 3 étages amplificateurs HF, une détectrice à réaction et deux étages BF. La gamme couverte étant très grande, l'appareil comprend trois groupes amplificateurs HF et détectrices, qui sont utilisés chacun pour une partie de la gamme, sans bobines interchangeables.

Fréquencemètre. — Le bâti de mesure proprement dit supporte :

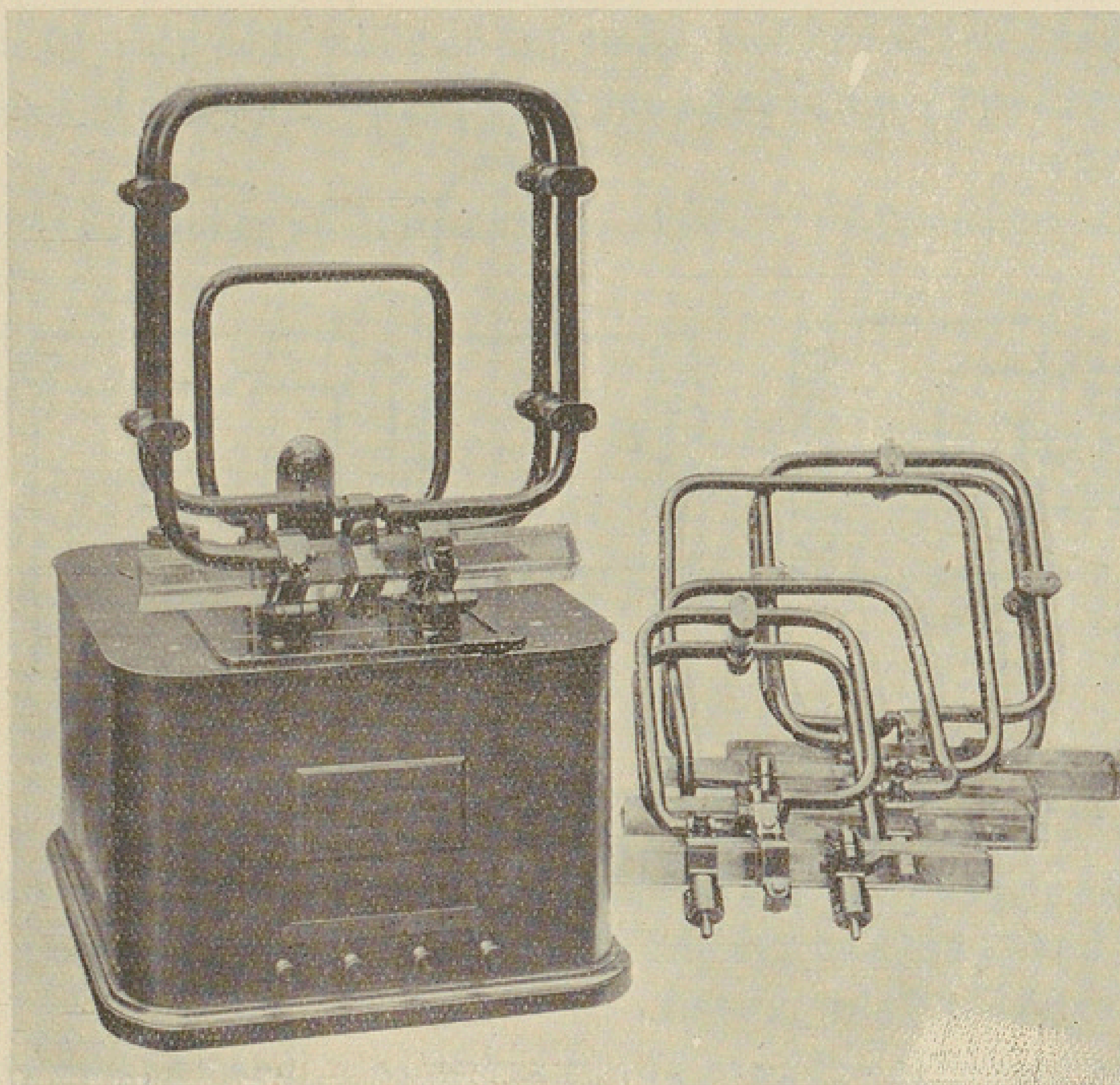


Fig. 3. — Fréquencemètre ondes courtes S.F.R.

a) Une hétérodyne spéciale suivie de 2 étages de doublage de fréquence, et couvrant la gamme de fréquence 2140 kc : s (140 m) — 4280 kc : s (70 m.).

b) 4 ondemètres de haute précision placés dans une enceinte thermostatique à 26° couvrant ensemble, sans self-inductances amovibles, la gamme 17,50 m — 35 m.

Chaque ondemètre est précédé d'un amplificateur du courant haute fréquence provenant du deuxième doublage.

Tous ces appareils sont placés dans des cages métalliques, pour éviter l'influence d'une masse extérieure.

L'ondemètre est l'appareil essentiel de l'ensemble car de sa stabilité et de sa précision dépend la qualité de la mesure ; nous allons le décrire brièvement et indiquer le procédé de lecture utilisé.

L'ondemètre de précision S.F.R. se compose essentiellement d'un circuit oscillant étalonné, couplé à un circuit de mesure (fig. 3).

La self du circuit oscillant est constituée par une ou deux spires d'un tube de cuivre doré ayant un diamètre d'environ 10 mm. Des précautions mécaniques ont été prises pour assurer la rigidité du système.

Le condensateur variable est construit de manière à éviter

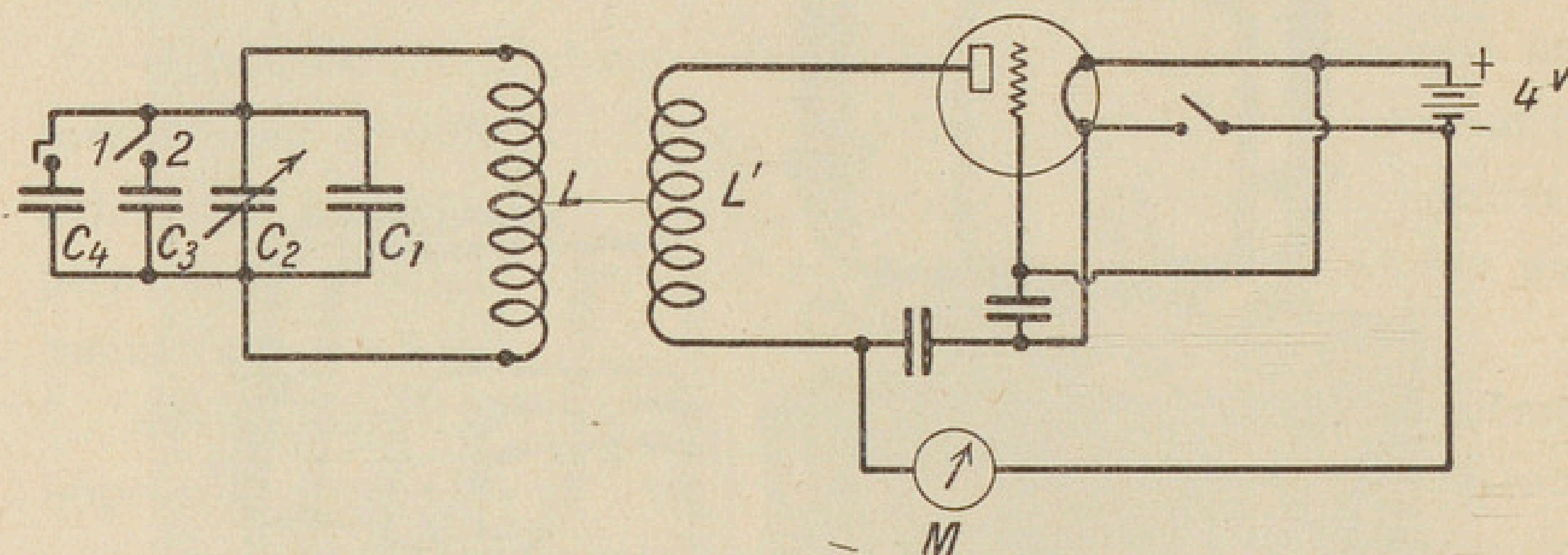


Fig. 4. — Fréquencemètre O.C.

tous les jeux susceptibles d'apparaître entre le rotor et le stator et les interlames sont grandes (2 mm) pour atténuer les effets des déformations s'il s'en produit.

Le stator se compose de deux éléments indépendants et le rotor est réüni à la masse de manière à équilibrer les effets électriques des différentes pièces par rapport à la terre.

Des précautions semblables sont prises pour la construction des condensateurs fixes.

Tous ces condensateurs sont disposés dans un boîtier métallique sur lequel est monté un dispositif de lecture à vernier au 1 /10.

Le schéma (fig. 4) indique la constitution de l'ondemètre.

Le condensateur C2 est variable. — Les condensateurs C1 et C3 sont fixes et C4 est une capacité d'épreuve dont nous allons voir l'emploi.

Le circuit de mesure comprend une self-inductance à une spire L' couplée à la self-inductance du circuit oscillant. Cette self-inductance est insérée dans le circuit plaque d'une lampe triode montée en valve. Le milliampèremètre mesure le courant détecté et permet d'apprécier la force électromotrice HF induite dans L'. — Si on accorde le circuit oscillant sur la fréquence à mesurer, en utilisant la lecture du milliampèremètre qui indique alors un maximum

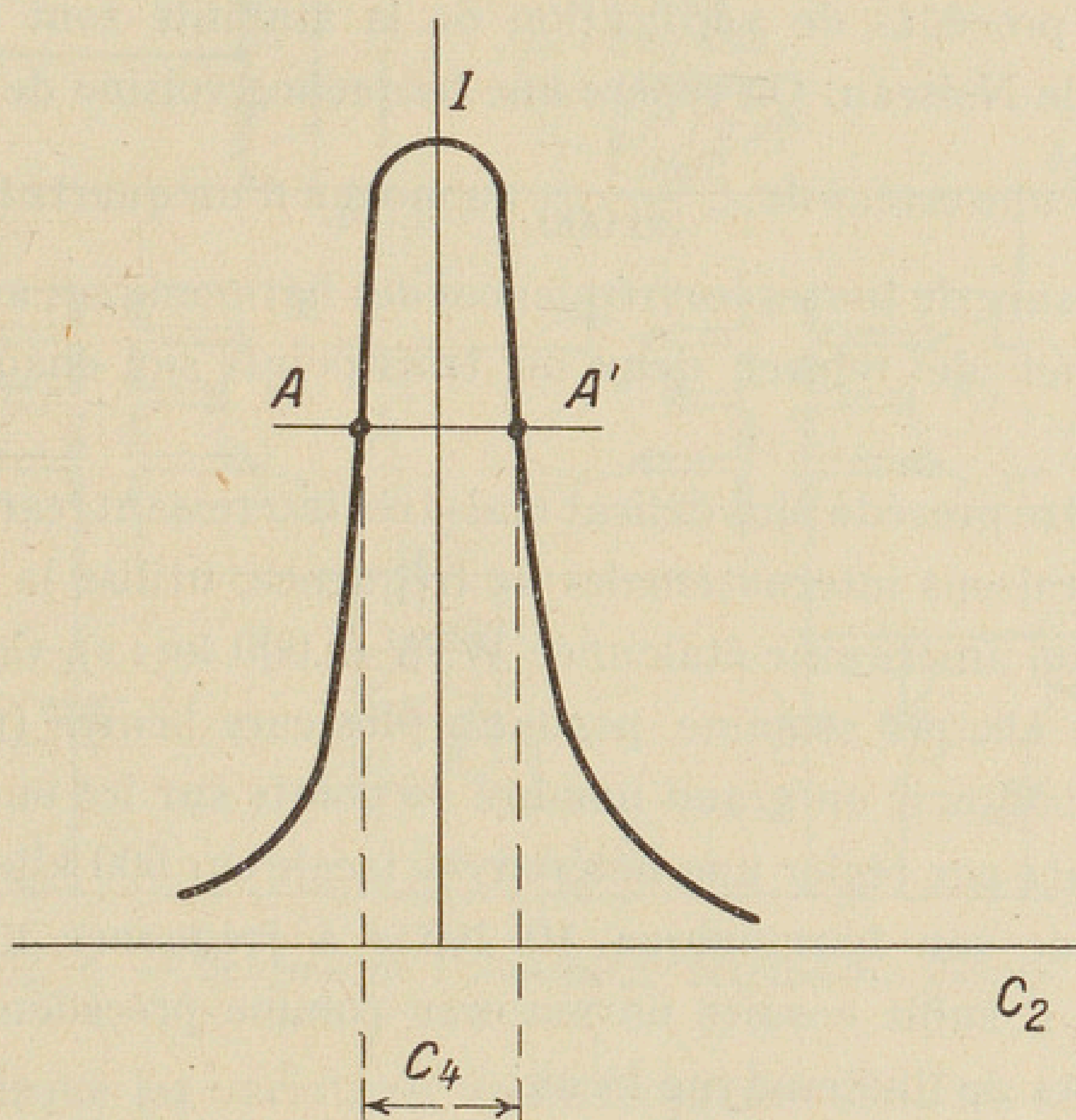


Fig. 5.

de courant, on peut repérer la fréquence, mais avec imprécision, car le maximum est mal déterminé. On préfère pour le réglage se placer un peu en-dessous du maximum en un point tel de la courbe de résonance que l'adjonction de la capacité d'épreuve ne modifie pas l'intensité qui traverse le milliampèremètre (point A et A' sur la figure 5). La sensibilité du procédé de mesure est de l'ordre du $\frac{2}{100.000}$.

Stabilité des ondemètres. — Les appareils ont été étalonnés au début par le Laboratoire national, mais nous avons constaté que

des variations importantes d'étalonnage s'étaient produites dans les mois qui ont suivi la mise en service.

De multiples causes de variations ont été mises en évidence (mauvais contacts dans les blindages métalliques ; isolants fêlés).

Après quelques modifications, nous sommes arrivés à stabiliser les ondemètres et les mesures de stabilité ne permettent pas de déceler des écarts supérieurs au $\frac{1}{20.000}$.

Deux procédés de vérification de la stabilité sont employés au centre de Noiseau. On repère une fréquence voisine de 500 kilocycles avec une erreur de $\pm \frac{1}{20.000}$ au moyen d'un quartz lumineux.

La mesure de toutes les fréquences des harmoniques à partir du 10ème permet de relever deux ou trois points sur chaque ondemètre.

Un autre procédé plus délicat mais très intéressant, car il permet des comparaisons internationales de fréquence, utilise la réception de l'émission américaine étalonnée WVV (5.000 kc : s). Cette émission a lieu chaque semaine pendant plusieurs heures (trait continu). Pour obtenir un grand nombre de points sur les ondemètres, on commence par régler une hétérodyne locale sur 500 kilocycles de manière que son harmonique 10 batte à fréquence nulle avec l'émission. Il suffit ensuite de mesurer comme précédemment les harmoniques de l'hétérodyne locale.

d) **Ensemble de mesures pour les ondes longues et moyennes.** — Il comprend quatre récepteurs et une hétérodyne étalonnée couvrant la gamme 5.000 mètres ((60 kc : s) — 10.000 mètres (30 kc : s) dont on utilise les harmoniques comme nous l'avons exposé précédemment pour la mesure de toutes les fréquences comprises entre 2.140 kc : s et 30 kc : s. Les mesures des fréquences comprises entre 30 kc : s et 15 kc : s sont faites en doublant la fréquence de l'émission à mesurer.

Les récepteurs sont tous du type à résonance sans changement de fréquence ultra-acoustique. Le collecteur d'ondes est un cadre.

L'hétérodyne étalonnée doit être peu sensible aux variations

des forces électromotrices des sources et aux variations de température.

Pour rendre les variations des tensions de chauffage et de tension plaque sans influence sur la valeur de la fréquence émise, nous avons adopté le montage stabilisateur décrit par M. Fromy dans l'*Onde électrique* d'octobre 1925 (fig. 6).

Des essais ont permis de constater que ce montage est très

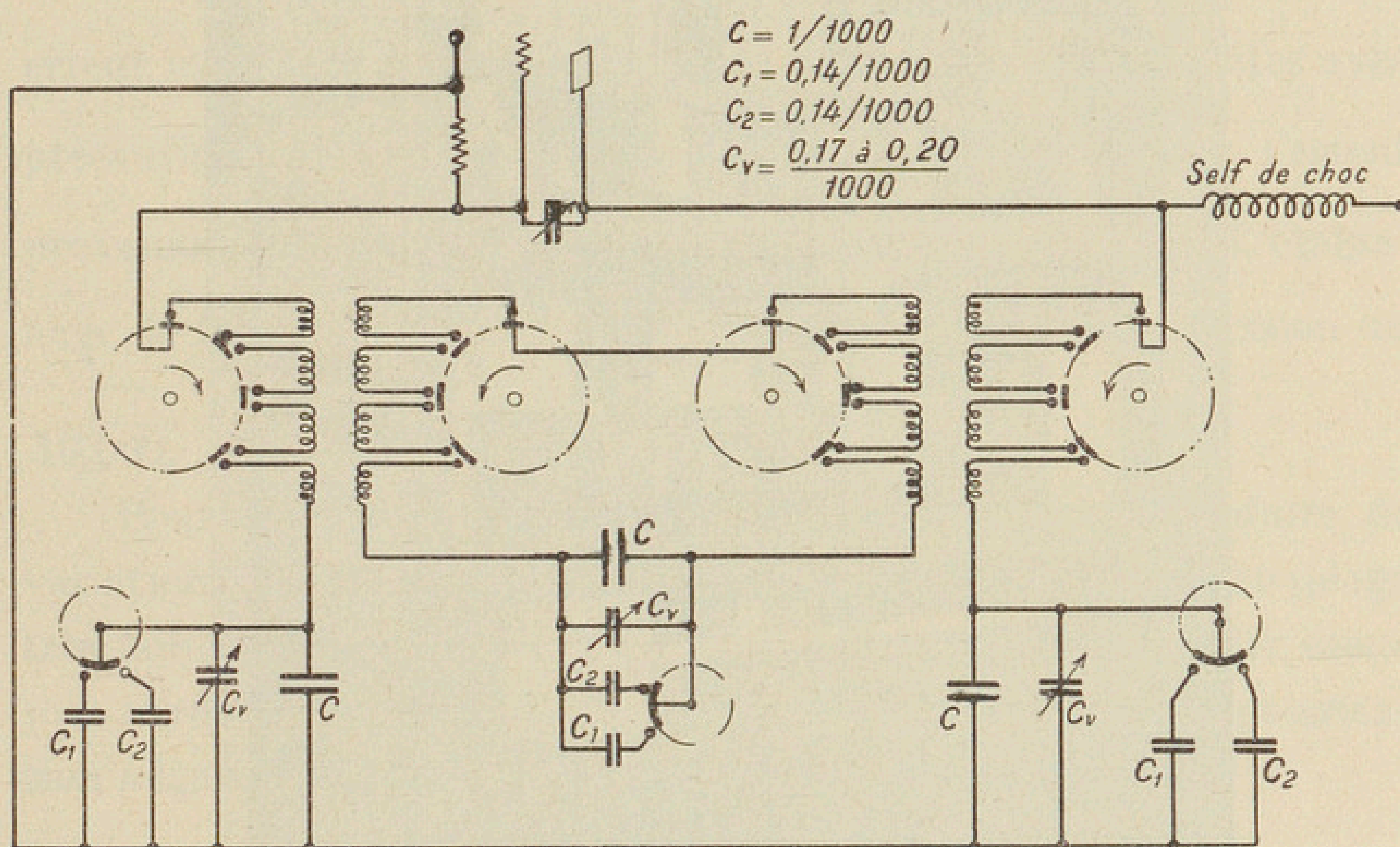


Fig. 6. — Schéma de l'ondemètre hétérodyne Fromy.

efficace puisque les variations de la fréquence sont les suivantes :

$\frac{1}{130.000}$ pour une variation de 1 volt de la tension plaque entre 80 et 100 volts).

$\frac{1}{200.000}$ pour une variation de 0,1 volt de la différence de potentiel appliquée au filament.

En observant quelques précautions pour le réglage des tensions (au $\frac{1}{2}$ volt sur la plaque — $\frac{1}{10}$ de volt sur filament) lorsqu'on fait une mesure, on ne peut commettre une erreur supérieure au $\frac{1}{200.000}$ provenant des sources.

Pour diminuer les influences des variations de température les condensateurs du circuit d'accord ont été construits en métal *invar*

argenté, et la bobine de self a été réalisée en enroulant sous tension un fil de cuivre sur un cylindre de quartz. Un petit condensateur placé entre grille et plaque permet de compenser les petites varia-

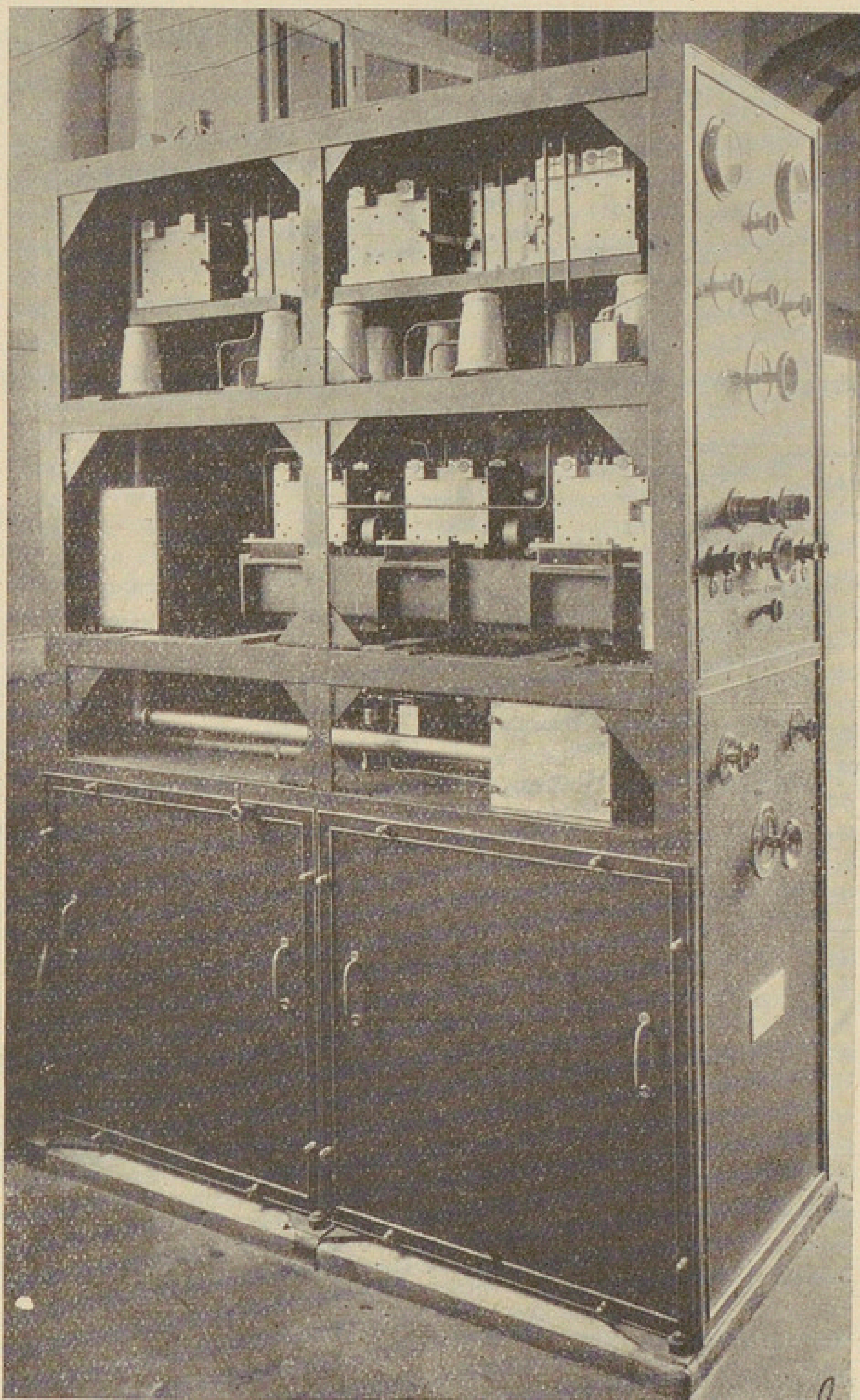


Fig. 7. — Hétérodyne de mesure Fromy.

tions de fréquences causées par les variations de la température ou de la capacité interne de la lampe (fig. 7).

On utilise quatre quartz pour vérifier quatre points de la gamme de fréquence couverte par l'hérérodyne. Au moment de l'étalonnage

on règle la capacité du compensateur à une valeur donnée, et on note les numéros de la graduation du cadran de lecture où les quartz s'illuminent. Si dans la suite, pour diverses causes, l'illumination des quartz ne correspond plus aux graduations du cadran relevées lors de l'étalonnage, on utilise le compensateur pour ramener la concordance. Le calcul montre et l'expérience confirme que la correction vaut pour les autres points de la gamme.

Le cadran de lecture permet de repérer les fréquences avec une erreur inférieure à $\pm \frac{1}{40.000}$. Si on utilise ce fréquencemètre avec précaution après réglage des tensions et du compensateur, l'erreur provenant de l'appareil n'est pas supérieure au $\frac{1}{40.000}$. L'étalonnage de fréquencemètre n'a été fait jusqu'ici qu'à une précision du $\frac{1}{10.000}$.

Pour utiliser cette hétérodyne étalonnée sans introduire de variations de fréquences, on transmet au moyen d'un couplage très faible les oscillations, à un amplificateur dont le dernier étage joue le rôle de générateur d'harmoniques grâce à une forte polarisation négative des grilles.

II. Etude de la stabilité des émissions.

Les fréquencemètres précédemment décrits permettent de mesurer la fréquence d'une émission avec une erreur inférieure au $\frac{1}{10.000}$ mais l'étude de la stabilité d'une émission peut se faire avec une précision beaucoup plus grande.

Les mesures de stabilité sont en effet des mesures relatives de fréquence et il est facile de connaître la fréquence de battement des deux fréquences à comparer.

Pour ces mesures on utilise l'hétérodyne Fromy, dont les variations de fréquence dans le cours d'une journée sont certainement inférieures au $\frac{1}{100.000}$ ainsi qu'on peut le constater avec le quartz lumineux.

Si on ne peut se servir directement d'un harmonique de l'hétérodyne Fromy on utilise une deuxième hétérodyne de fréquence plus élevée dont on contrôle les variations de fréquence au moyen de l'hétérodyne Fromy. Par exemple, l'étude de la stabilité d'une émission 6.000 kc:s (50 mètres) peut se faire par battement avec l'harmonique 10 d'une hétérodyne oscillant sur 600 kc:s (500 mètres), contrôlée par l'hétérodyne Fromy.

Jusqu'ici, au Centre de mesures, on apprécie la fréquence des battements acoustiques à l'oreille, au moyen d'un diapason. Cette méthode convient bien à l'étude d'une dérive lente mais elle est difficilement applicable à l'étude des variations rapides de fréquence d'une émission (par exemple, au cours d'une manipulation télégraphique).

Nous envisageons, pour cette étude des variations rapides de fréquence, la construction d'un appareil basé sur le principe de la réception synchrone exposé par M. de Bellescize.

III. Mesures des champs.
Etude de la forme des signaux.

Nous venons de voir qu'il est nécessaire de mesurer la fréquence des émissions radioélectriques, mais la connaissance du champ des signaux est également très utile pour avoir une idée de l'efficacité des différents émetteurs.

La mesure régulière du champ produit au centre récepteur par nos émetteurs a permis de connaître la hauteur effective de toutes les antennes, et de déterminer s'il n'y a pas d'anomalies dans l'émission. La mesure du champ des émissions de nos correspondants nous a donné d'utiles renseignements sur la propagation des ondes et sur la valeur des champs dont on a besoin pour l'exploitation régulière d'une liaison radiotélégraphique.

Les crédits dont nous disposions pour l'achat des appareils de mesure de champ étaient très réduits et nous avons été obligés de construire nous-mêmes une partie de ce matériel.

Les mesures de champ pour les ondes comprises entre 200 et

20.000 mètres sont faites en suivant la méthode de Meudon exposée depuis longtemps par M. Mesny.

Les générateurs affaiblisseurs à bobines sinusoïdales utilisés sont du type établi par le Laboratoire National.

Dans chaque récepteur est monté le générateur affaiblisseur pour la gamme correspondante. Nous avons ainsi réalisé des installations fixes pour faire de bonnes mesures en très peu de temps et sans risque d'erreur (fig. 8).

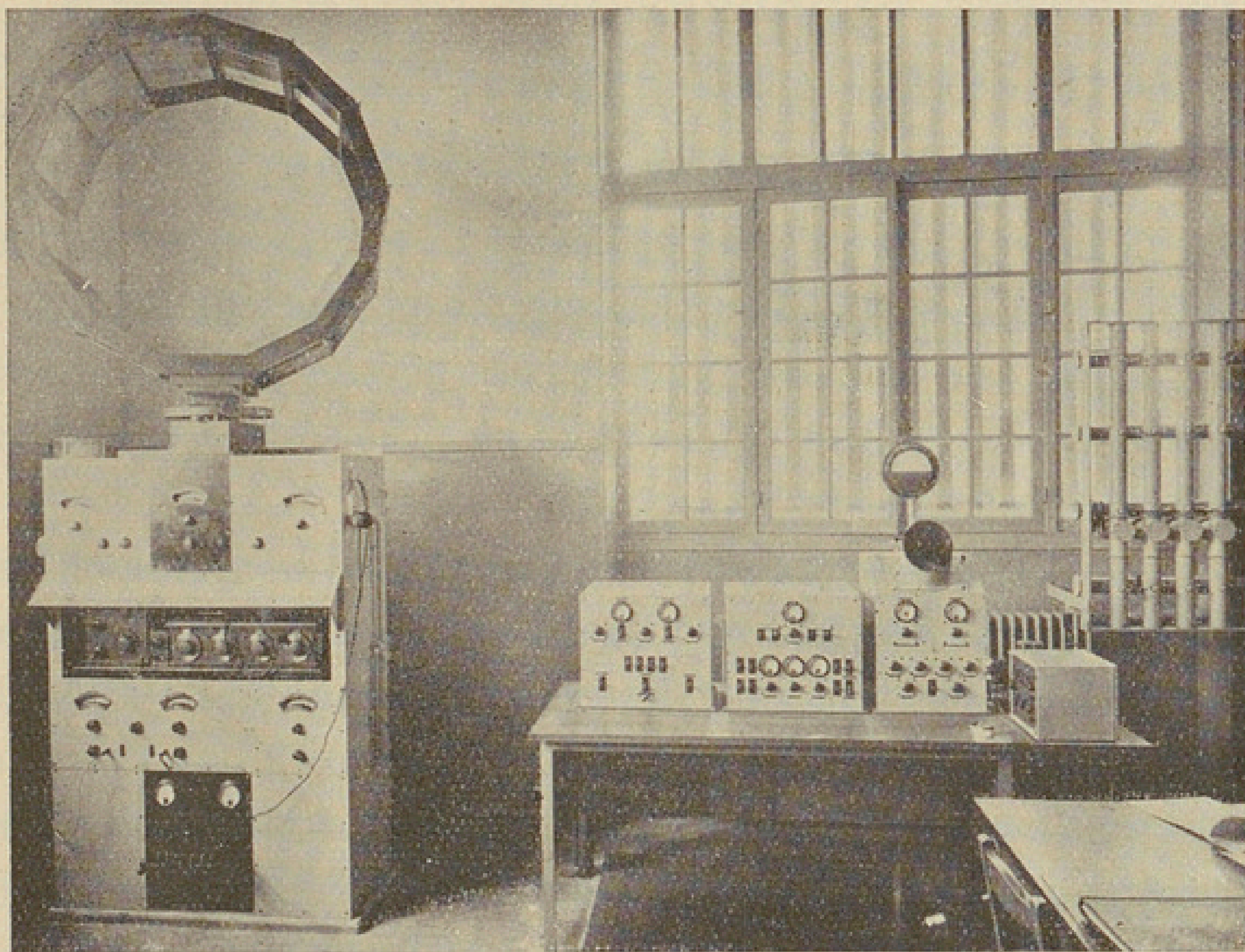


Fig. 8. — Récepteur O.M. utilisé pour les mesures de champ avec la table de mesures.

De grandes précautions ont été prises pour annuler les effets d'antenne du cadre et pour faire agir dans le cadre seulement la force électromotrice auxiliaire. Nous avons soigneusement évité les causes d'erreurs provenant d'une saturation dans un amplificateur.

Une table de mesures qui peut être utilisée à la suite de l'un quelconque des récepteurs contient les organes suivants :

1° Un amplificateur basse fréquence, un filtre de bande et un circuit résonnant accordé sur 2.000 p : s, un voltmètre redresseur cuproxyde qui mesure le niveau à la sortie de l'amplificateur.

Le filtre et le circuit résonnant sont utilisés dans les mesures de

champs pour déterminer la fréquence de battement et pour éviter les brouillages.

2° Un amplificateur à courant continu dont la sortie est reliée à deux des plaques d'un oscillographe cathodique.

Grâce à cet oscillographe, il est possible d'étudier la forme des signaux et d'évaluer la valeur du taux de modulation d'une émission radiotéléphonique.

***

Des fichiers modernes sont utilisés pour le classement de tous les résultats des mesures. Pour chaque poste émetteur entendu à Noiseau, existe une fiche sur laquelle sont portées diverses indications : fréquence, stabilité, intensité de réception, vitesse de manipulation, particularités de propagation.

Lorsque nous désirons ouvrir une liaison avec un correspondant nouveau, le Centre de mesures consulte ses documents d'écoute et les courbes de propagation et il détermine les longueurs d'ondes les plus favorables pour cette liaison.

Le Centre de mesures et de contrôle est donc extrêmement utile aux services d'exploitation des liaisons radioélectriques. Il fait chaque mois plus de 1200 mesures et grâce à ce contrôle continuel, les réclamations pour brouillage entre émissions sont assez rares malgré l'encombrement de l'éther. Ces mesures, comme nous l'avons vu, ont un caractère industriel, et les mesures de haute précision sont faites par le Laboratoire National auquel nous avons fréquemment recours.

Le Centre de mesures et de contrôle est certainement appelé à se développer beaucoup dans l'avenir, car il doit devenir, de plus en plus, un service de *Maintenance* des communications radiotéléphoniques et radiotélégraphiques. Dans ce but, le Centre doit posséder du matériel de mesure transportable, pour faire des relevés de champ autour d'une station d'émission ou de réception et étudier la forme des signaux au voisinage d'un aérien d'émission.

L'ÉLIMINATION DES COURANTS PARASITES DANS LES MESURES DE LOCALISATION DE DÉFAUTS D'ISOLEMENT,

par L. SIMON,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Sommaire. — Dans les localisations précises de défauts d'isolement, il arrive fréquemment que des courants induits rapidement variables rendent difficiles les mesures. La méthode exposée ci-après permet d'éliminer l'action de ces courants en employant un galvanomètre à deux enroulements. L'un des deux enroulements est parcouru par le courant de mesure et les courants induits, le deuxième enroulement par les courants induits seulement. Si les courants induits, traversant les deux cadres, sont égaux et si le montage est tel que leurs effets sur l'équilibre du galvanomètre s'opposent, la mesure est aussi précise que s'il n'existait pas de courants induits. Cette méthode est particulièrement précieuse dans les localisations de défauts d'isolement dans lesquelles le fil mauvais et le fil sain ne sont pas dans le même câble.

I. Montage employé.

Considérons une mesure de localisation d'un défaut d'isolement par la méthode classique de la boucle de Murray ; le fil affecté d'un défaut est bouclé avec un fil sain et un pont de mesure est monté ainsi que l'indique la figure 1.

La mesure se fait en réglant la résistance variable M de telle sorte que le galvanomètre G ne soit parcouru par aucun courant. L'équation d'équilibre du pont permet alors de déterminer la distance de la station de mesure au défaut.

Supposons maintenant que la boucle composée des fils *ab* et *cd* soit parcourue par des courants parasites variables, provenant soit de courants induits, soit d'une différence de potentiel variable entre les terres *T* et *T'*. Lorsque le pont sera près du réglage, l'équilibre du galvanomètre sera troublé par les courants parasites et la précision du réglage en sera fortement diminuée, d'où finalement une incertitude sur la position du défaut.

Pour éliminer cette cause d'incertitude, constituons une seconde boucle *a'b'c'd'* composée de deux fils dont l'état électrique

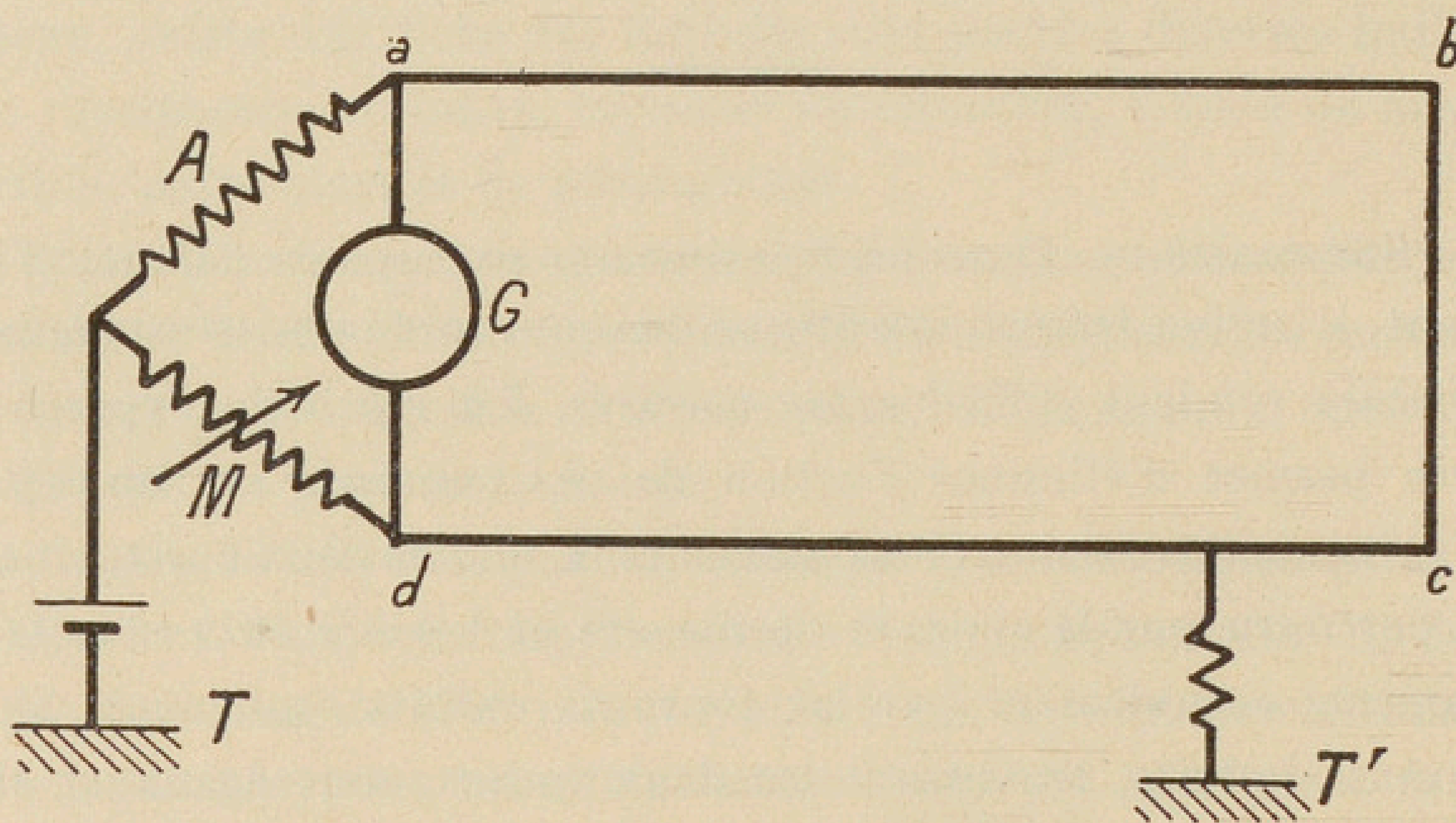


Fig. 1. — Boucle de Murray.

est identique à celui des deux fils composant la première boucle, c'est-à-dire parcourus par des courants parasites égaux, le fil *c'd'* étant en outre affecté d'un défaut ayant même résistance et situé au même endroit que celui existant sur *cd*. Connectons cette deuxième boucle à un pont ayant le même montage et le même réglage que celui auquel la première boucle est connectée. Si les enroulements des deux galvanomètres ont même résistance, les courants induits les parcourant seront égaux.

Supposons maintenant qu'au lieu d'avoir deux galvanomètres distincts, on emploie un galvanomètre à deux enroulements identiques et monté de telle façon que les actions de courants égaux s'annulent. Si le premier pont est seul alimenté, le premier enroulement du galvanomètre sera parcouru par le courant de mesure et par des courants parasites, le second seulement par des courants

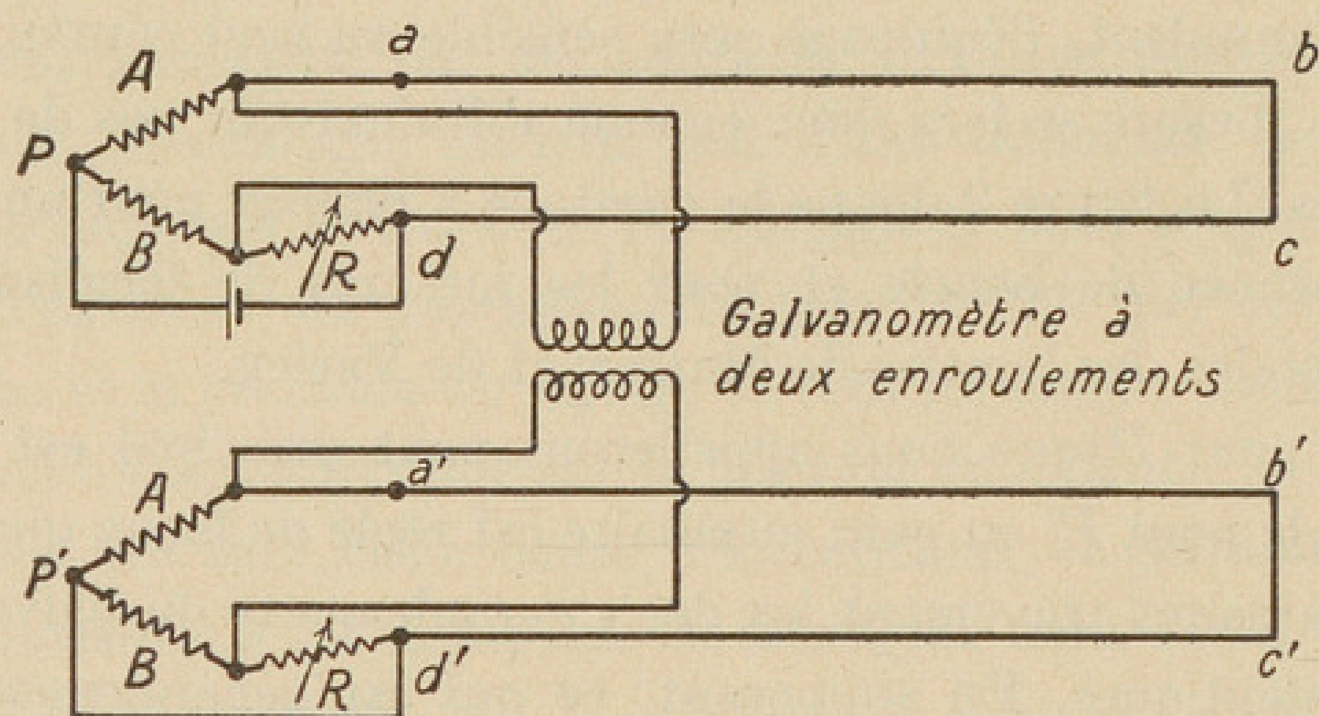
parasites. Puisque les courants parasites sont égaux et que leurs effets s'annulent, l'équipage sera sensible au seul courant de mesure. La mesure se fera donc comme s'il n'existait pas de courants parasites. La figure 2 donne le montage à réaliser pour une mesure de résistance de boucle et pour les mesures de localisation par les méthodes des boucles de Murray et de Varley.

Le pont *P* que nous appellerons pont principal est seul alimenté ; le pont *P'* ou pont auxiliaire est réglé de façon que les courants parasites traversant les deux enroulements du galvanomètre soient identiques. En supposant, ce qui est généralement le cas, que les courants parasites parcourant les deux boucles sont toujours égaux à un instant donné, le réglage du pont auxiliaire devra être identique à celui du pont principal. Le mode opératoire sera donc le suivant :

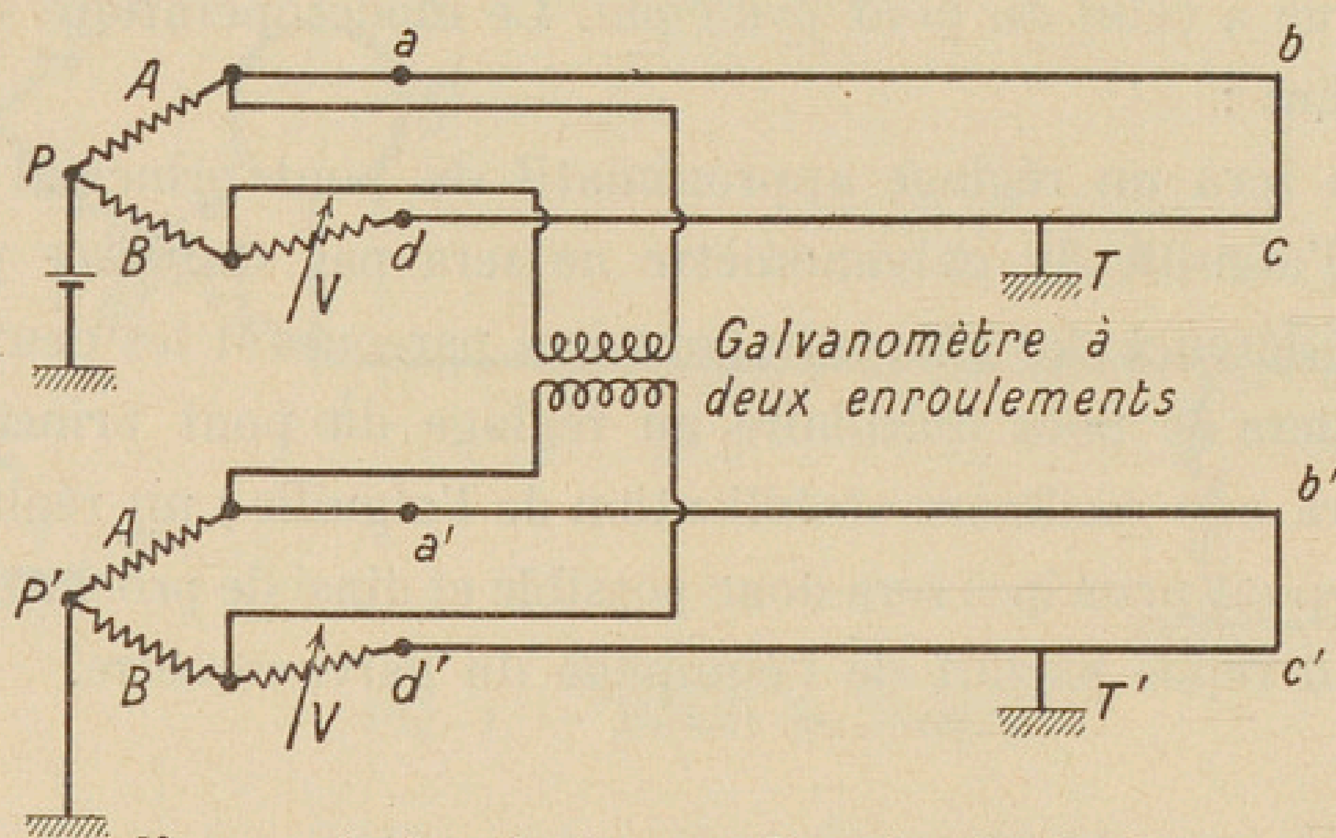
On fera un réglage approximatif du pont principal pendant lequel l'aiguille du galvanomètre ne sera pas stabilisée par suite de la différence des courants parasites parcourant les deux cadres. On réglera le pont auxiliaire au réglage du pont principal d'où résultera une meilleure stabilisation de l'aiguille ; un réglage meilleur du pont principal sera donc possible et ainsi de proche en proche jusqu'au repos parfait de l'équipage du galvanomètre.

II. Applications de la méthode.

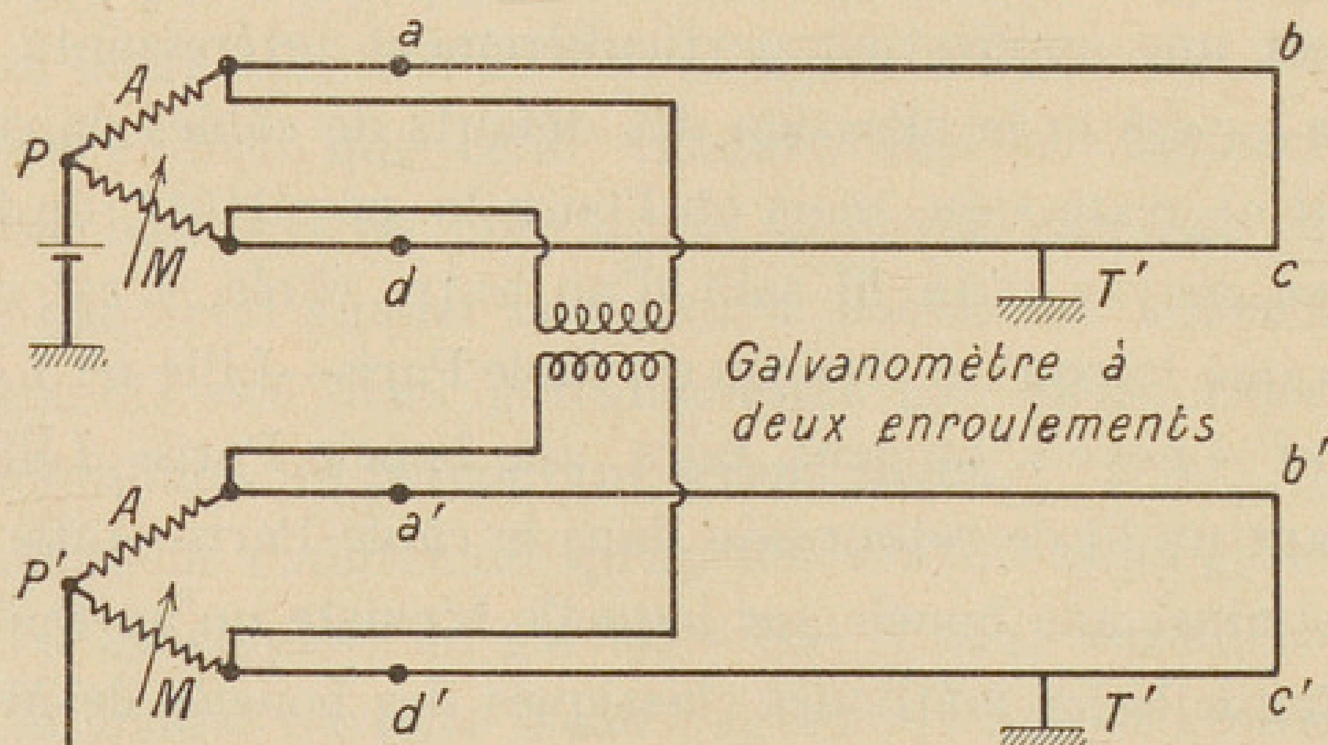
Il est une application particulièrement intéressante de cette méthode : c'est la localisation des défauts de câbles dans lesquels aucun fil ne reste sain, mais où l'on a la possibilité de faire une boucle au moyen d'un fil sain d'un autre câble. C'est ainsi par exemple que lorsqu'un tronçon du câble Paris—Lille n° 1 est complètement « noyé », on peut faire une boucle Paris—Lille—Paris en prenant un fil de retour sain dans le câble Paris—Lille n° 2. On constitue ainsi une boucle sur laquelle n'existe qu'un seul défaut, donc à laquelle les méthodes classiques des boucles de Murray et de Varley s'appliquent. Mais lorsque l'on veut faire les mesures de localisation au moyen des appareils habituels, on s'aperçoit que les courants parasites existant sur la boucle rendent toute mesure



Mesure de la résistance de boucle



Mesure de localisation ; Boucle de Varley



Mesure de localisation ; Boucle de Murray

Fig. 2.

impossible, même la simple mesure de résistance de boucle. En effet, la boucle composée de deux conducteurs n'empruntant pas le même câble, donc totalement dyssymétriques par rapport à la terre, est parcourue par des courants induits qui peuvent être très intenses vis-à-vis des courants de mesure. Alors que près du réglage du pont le galvanomètre est parcouru par des courants de mesure de l'ordre du microampère, les courants parasites parcourant ce même galvanomètre peuvent atteindre plusieurs dizaines ou même plusieurs centaines de microampères. Toute mesure est donc impossible.

Au contraire, en employant la méthode ci-dessus décrite, les mesures de localisation sont aussi précises que s'il n'existait pas de courants parasites. Le tableau ci-après donne les résultats de mesures faites sur deux boucles différentes Paris—Lille—Paris.

Résultats de mesures sur Paris—Lille—Paris.

I. — Mesures sur une boucle de 13.040 ohms.

DISTANCE EN OHMS de la station de mesure au défaut.		ERREUR RELATIVE (pour mille).
Distance réelle.	Distance mesurée.	
1.618,5	1.621,4	1,8
	1.623	2,8
	1.618,7	0,2
	1.619,7	0,8
3.080	3.085,1	1,6
	3.082,5	0,8
	3.079,8	0,1
4.843,5	4.849	1,1
	4.847,5	0,9
	4.846,7	0,7
5.695	5.697,6	0,5
	5.698	0,6
	5.695,5	0,1

II. — Mesures sur une boucle de 12.350 ohms.

DISTANCE EN OHMS de la station de mesure au défaut.		ERREUR RELATIVE (pour mille).
Distance réelle.	Distance mesurée.	
6.407,5	6.406,7	0,2
	6.407	0,1
	6.405	0,4
9.625	9.620,2	0,5
	9.619,5	0,6
	9.618,3	0,8

La précision relative moyenne est de l'ordre de un millième, c'est-à-dire que l'influence des courants induits est absolument nulle.

Par conséquent, la mesure de localisation d'un défaut affectant tous les conducteurs d'un câble est aussi précise que si l'on disposait de fils sains dans le câble lui-même. Ce résultat est très important car les mesures de localisation usuelles de ces défauts sont longues et imprécises. La méthode la plus recommandée sur les câbles pupinisés consiste à tracer la courbe d'impédance en fonction de la fréquence. De la distance des maxima successifs, on déduit la section de pupinisation où se trouve le défaut. Mais la précision n'est, pour un tronçon moyen de 75 km, que de 25 millièmes.

Nous avons vu ci-dessus que les deux boucles doivent être parcourues par des courants parasites égaux, c'est-à-dire que les conducteurs les composant doivent être dans un même état électrique. Pour être sûr que cette condition sera remplie, on composera la boucle *a b c d* de la figure 2 au moyen d'un des fils d'une des deux paires des quartes mises bout à bout, et la boucle *a'b'c'd'* au moyen du second fil de l'autre paire de ces mêmes quartes. Comme les paires sont équilibrées par rapport à la terre, le résultat cherché sera obtenu. D'autre part, tous les fils étant atteints au même endroit, les résistances des défauts *T* et *T'* seront peu différentes.

En plus de cette application aux localisations de défauts affectant tous les conducteurs d'un câble, la méthode est utilisable chaque fois que des courants parasites gênent les mesures précises, en particulier sur les tronçons de câble situés à proximité de chemins de fer électrifiés ou traversant des villes dotées de réseaux de tramways. Enfin, elle permet de bonnes localisations sur les câbles télégraphiques dont les conducteurs, parcourus par des courants continus intenses et très rapidement variables, induisent dans les boucles de mesure des courants faussant les résultats. Des essais de localisation sur un câble télégraphique du réseau de Paris ont donné satisfaction.

III. Réalisation du galvanomètre a deux enroulements.

La réalisation du galvanomètre à deux enroulements posait un problème difficile. En effet :

1° Chacun des cadres pris isolément ayant une sensibilité telle qu'un courant de 0,25 microampère donne une déviation d'une division, il est nécessaire que cette même sensibilité subsiste lorsque les enroulements sont parcourus par des courants continus tels que leurs actions sur l'équipage s'opposent, ces courants pouvant atteindre plusieurs milliampères.

2° Il faut que les deux cadres soient parfaitement isolés l'un de l'autre. En effet, si cette condition n'était pas réalisée, les extrémités de la diagonale galvanomètre du pont P (fig. 2) seraient affectées d'un défaut d'isolement venant de T' par l'intermédiaire de la résistance d'isolement des deux cadres. Les mesures seraient donc totalement faussées.

Le galvanomètre à deux enroulements ayant donné satisfaction aux essais a été réalisé sur nos indications par l' « Association des ouvriers en instruments de précision ». Il est représenté figure 3. Sa réalisation a demandé une mise au point très longue et très ardue dont l'A.O.I.P. a tenu à honneur de s'acquitter. Ses caractéristiques, tout à fait satisfaisantes, sont les suivantes :

Sensibilité. — 0,25 microampère par division, chaque enroulement pouvant supporter 10 milliampères.

Isolement des deux circuits de cadre supérieur à 500 mégohms, la tension d'essai étant de 250 volts.

La *symétrie* est telle que si l'on fait passer dans les deux cadres montés en série de telle sorte que leurs effets s'opposent un courant donné, la déviation obtenue est inférieure à celle qui correspondrait au passage dans l'un des deux cadres d'un courant égal au millième du courant passant dans les deux cadres en série. Cette

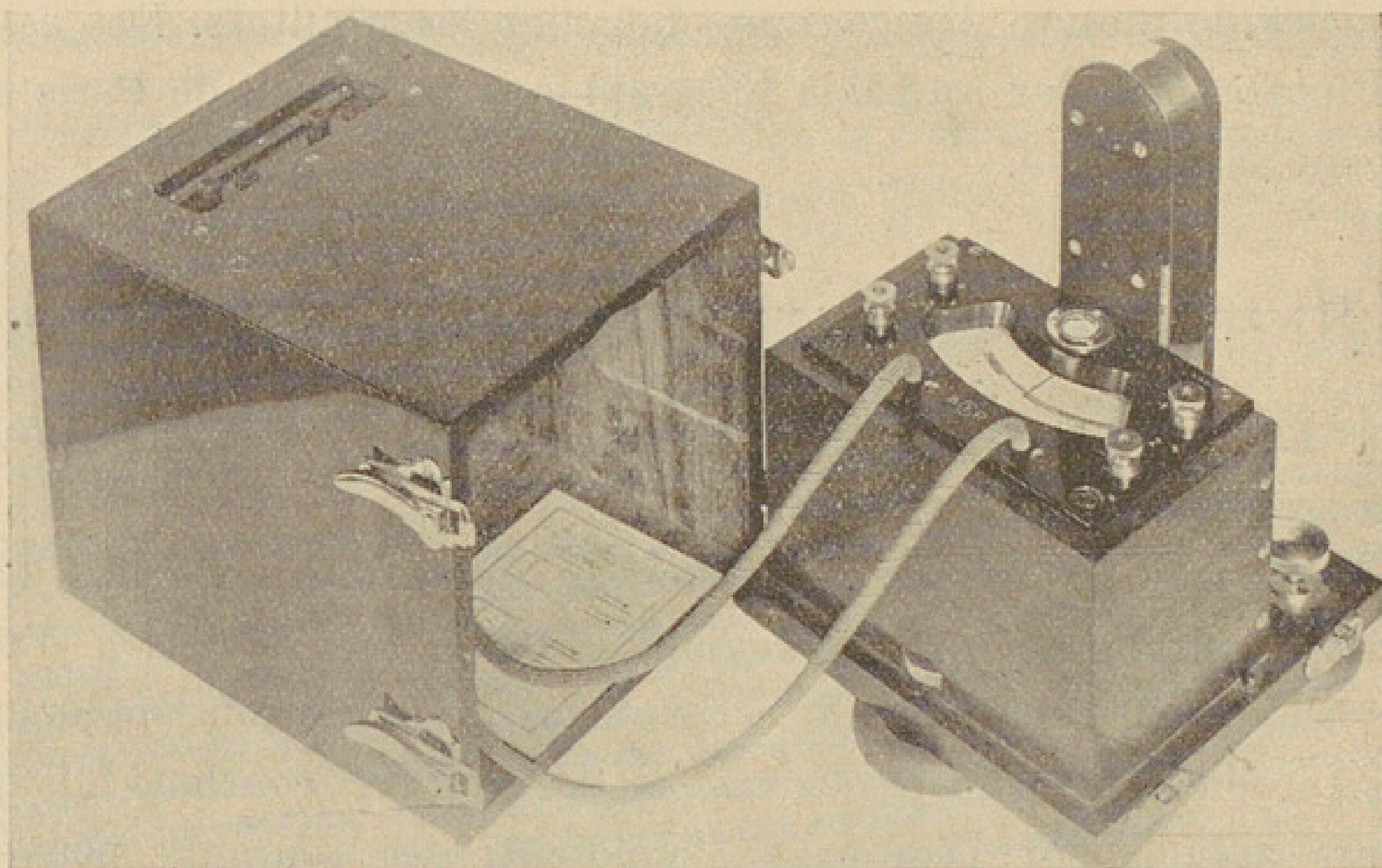


Fig. 3. — Galvanomètre à deux enroulements A.O.I.P.

symétrie a été obtenue au moyen d'un bobinage tout à fait spécial des enroulements des cadres, ceux-ci devant être placés dans le même entrefer.

Sur la figure 3, on voit le galvanomètre prêt à être utilisé ; son réglage de niveau est fait au moyen de trois vis calantes reposant sur des supports en caoutchouc mousse. Sur le couvercle servant de boîte de transport se trouvent deux clés à action rapide reliées au galvanomètre par deux cordons souples. L'une de ces clés ferme simultanément les deux circuits des cadres, l'autre établit un court-circuit sur deux résistances de protection en série avec chacun des cadres. Cette disposition des clés permet de placer le galvanomètre sur un support différent de celui du couvercle ; l'équipage ne sera donc pas soumis aux chocs ou vibrations pro-

venant de la fermeture des contacts. D'autre part, il a été nécessaire de prévoir des clés à action rapide et simultanée sur les deux cadres ; en effet si le circuit de l'un des cadres est fermé avant l'autre, le premier enroulement est seul parcouru par un courant intense, d'où résulte une forte impulsion sur l'équipage. La simultanéité est telle que, les circuits de cadre protégés par des résistances de 10.000 ohms étant montés en parallèle sur une source de courant de f.é.m. 50 volts, si on manœuvre dix fois de suite l'une des deux clés, la moyenne des élongations obtenues sera inférieure à dix divisions, aucune des élongations ne dépassant 15 divisions.

Remarquons enfin que la méthode ci-dessus décrite comporte l'emploi de deux ponts identiques. Il serait évidemment plus pratique de construire un pont spécial tel que, par le jeu d'un seul cadran de réglage pour chacune des décades, le pont principal et le pont auxiliaire soient réglés en même temps.

LE THYRATRON A CATHODE CHAUFFÉE [1]

par R. PETIT,
ingénieur à la Compagnie générale de Radiologie.

Les thyratrons à cathode chauffée, imaginés par Irving Langmuir et A. Hull, sont des tubes renfermant un gaz à pression très faible et pourvus d'une grille de commande ; leurs modèles les plus courants ont une puissance intermédiaire entre les lampes radioélectriques ordinaires et les redresseurs à vapeur de mercure à tache cathodique et à grille de commande. Le but de l'article qui suit est de décrire ces appareils, d'en indiquer les caractéristiques et de montrer les différents schémas suivant lesquels ils peuvent être employés comme relais de grande sensibilité, comme redresseurs et comme convertisseurs à courant réglable.

I. Caractéristiques des thyratrons.

1. Généralités. — Les plus petits thyratrons ont les dimensions des triodes de réception communément employés en radiotechnique (fig. 1). Ils se composent, comme ceux-ci, d'une cathode chauffée, d'une grille et d'une anode, mais s'en distinguent par la présence d'un gaz ou d'une vapeur de remplissage qui donne à la décharge s'écoulant entre l'anode et la cathode des propriétés particulières. En particulier, leur chute de tension est plus faible que celle des triodes vidés. Cette propriété est due à la présence d'ions qui annulent la charge d'espace négative et permettent d'extraire des électrons à la cathode avec des différences de potentiels très faibles. La chute de tension interne, de 8 à 12 V environ, est pratiquement indépendante du débit électronique.

2. Propriétés des cathodes des thyratrons. — Les cathodes sont à oxyde rapporté et peuvent émettre des courants importants avec des puissances de chauffage très faibles. Les cathodes à chauffage direct formées d'un conducteur recouvert d'oxyde, comme la

1. Reproduction d'un article publié dans la *Revue générale de l'Electricité*, tome XXXVI, nº 16, 1934.

cathode du tube de la figure 1, requièrent pour le chauffage une puissance de 12,5 W et peuvent fournir un courant électronique moyen de 250 mA.

Par suite de l'absence de charge spatiale négative, il est possible d'extraire des électrons à partir de cavités profondes dans la cathode. Cette particularité permet de calorifuger les cathodes au moyen d'écrans s'opposant au rayonnement calorifique sans augmenter la chute de tension interne du tube.

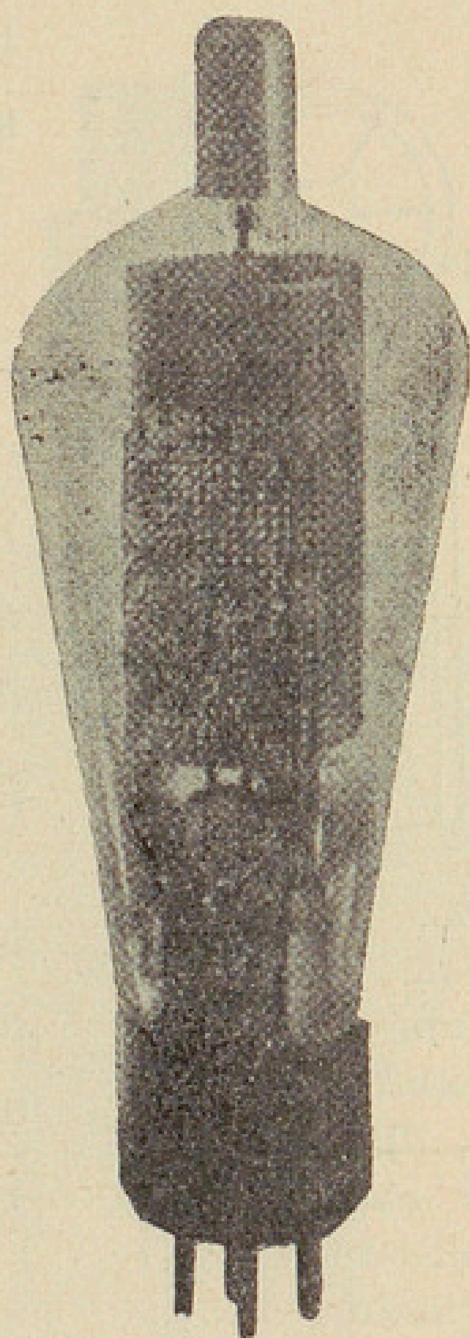


Fig. 1. — Vue d'un thyratron à cathode chauffée pour une intensité de courant de 0,25 A.

Les cathodes à chauffage indirect, suivant la figure 2, comportent un filament axial de chauffage A autour duquel sont répartis des cloisonnements B. Sur ces cloisonnements est déposée la matière active à partir de laquelle se fait l'émission électronique. Le tout est calorifugé par des cylindres extérieurs C en nickel poli.

Cette réalisation permet de chauffer une grande surface émissive avec une puissance peu importante. Elle permet aussi d'obtenir des cathodes à vie très longue du fait que la matière active a peu de chances de se vaporiser à l'extérieur de la cathode. En particulier, les cathodes du tube de la figure 3, par exemple, sont susceptibles de fournir un courant électronique moyen de 12,5 A et un courant de pointe de 75 A, ce qui correspond, pour le courant moyen, à une puissance de chauffage de 6 à 7 W pour un courant électronique de 1 A. Pour les tubes plus importants, la puissance de chauffage est d'ailleurs encore plus faible. Certaines de ces cathodes ont atteint une durée de 10.000 heures ; la durée moyenne est supérieure à 4.000 heures.

3. Rigidité diélectrique. — Les thyratrons à cathode chaude ont une rigidité diélectrique élevée due à la pression relativement

faible qui règne à l'intérieur de l'ampoule. Les ampoules figurées en 1 et 3 comportent une goutte de mercure dans le pied de l'appareil, qui constitue une réserve inépuisable de vapeur, de sorte qu'aucun phénomène de durcissement n'est à craindre. En pratique, ces tubes doivent fonctionner à des températures ambiantes de 10°C à 50° C qui sont toujours facilement obtenues en agissant sur leur refroidissement ; certains types peuvent supporter des tensions inverses de 15000 V.

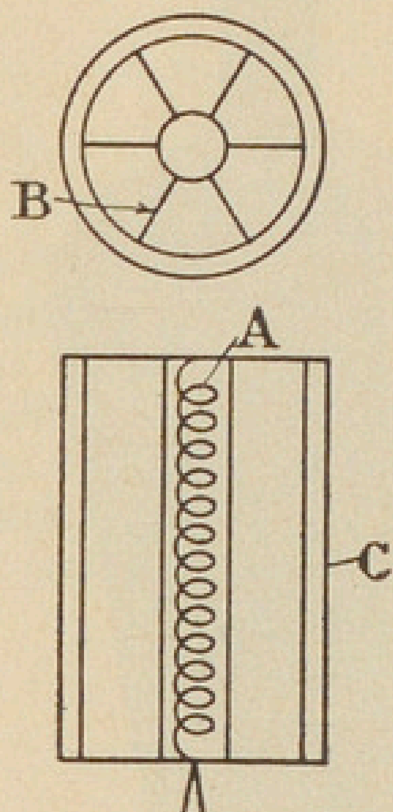


Fig. 2. — Croquis d'une cathode à chauffage indirect: A, filament axial de chauffage ; B, cloisonnement ; C. cylindres de calorifugeage.

4. Commande de la grille des thyratrons. — Le mode de commande de la grille des thyratrons est différent de celui des triodes vidés. En particulier, la grille peut commander le départ de la décharge, mais elle est incapable de l'arrêter après son établissement. Pour que la grille ait le temps de reprendre son rôle de commande, il est nécessaire que la décharge soit interrompue pendant le temps nécessaire à la disparition de l'ionisation ; ce temps est variable avec les types de tubes mais ne dépasse pas 1000 microsecondes.

Il existe pour chaque valeur de la tension d'anode une valeur critique de la tension de grille au-dessous de laquelle il est impossible d'amorcer la décharge. Lorsque la tension d'anode est sinusoïdale, cette tension critique est représentée par la courbe de la figure 5 dont il sera question plus loin. Dès que le potentiel appliqué à la grille dépasse la valeur maximum correspondant à cette courbe, la décharge peut s'amorcer. Il est, par suite, possible de commander l'instant du départ de la décharge dans chaque alternance positive de la tension d'anode et l'on peut agir sur la valeur de la tension redressée en alimentant la grille par une tension périodique ayant la même fréquence que la tension d'anode et dont on fait varier la phase par rapport à celle-ci. Ce mode de commande, imaginé par MM. Dunoyer et Toulon, permet de régler facilement la valeur moyenne du courant traversant le tube. Le courant anodique, une

fois amorcé, est limité seulement par l'impédance extérieure du circuit et la valeur de celle-ci ne doit pas lui permettre de dépasser l'intensité du courant normal susceptible d'être émis par le filament.

Dans les limites de température ambiante comprises entre 10°C et 50°C environ, les thyratrons des figures 1 et 3 ont des caractéristiques de commande pratiquement constantes.

Il est possible de construire des thyratrons remplis de gaz rares dont les caractéristiques soient complètement indépendantes de la température. Par contre, ces appareils supportent des tensions de retour moins élevées et ont une vie plus courte que les appareils à vapeur de mercure.

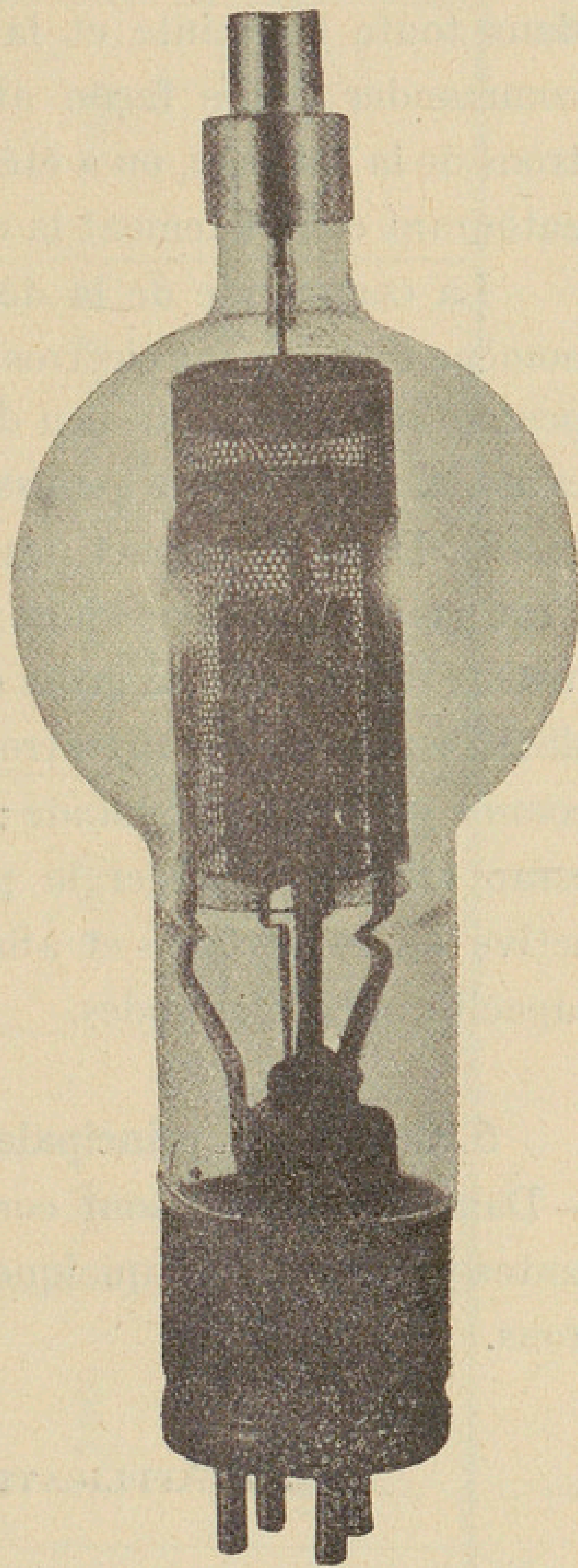


Fig. 3. — Vue d'un thyratron à cathode chauffée pour une intensité de courant de 12,5 A.

En agissant sur la forme de la grille, on peut réaliser des tubes offrant des caractéristiques différentes et aussi faire varier la durée de déionisation. En pratique, il existe trois genres de tubes. Dans les premiers dits à caractéristique négative, il est nécessaire de porter la grille à un certain potentiel négatif par rapport à la cathode pour empêcher le départ de la décharge ; en particulier, la décharge peut s'amorcer lorsque la grille est réunie à la cathode. Dans les seconds, dits à caractéristique positive, il est nécessaire de porter la grille à un potentiel positif par rapport à la cathode pour permettre le départ de la décharge, et cette dernière ne s'amorce pas lorsque la grille est réunie à la cathode. Enfin, le troisième genre de tubes est spécialement étudié

pour avoir un temps de déionisation très court (100 μs au lieu de 1000 μs).

Dès que l'ionisation s'établit sur un parcours quelconque entre la cathode et l'anode, elle se propage pratiquement instantanément dans toute l'enceinte et la décharge s'amorce. La grille devant commander d'une façon absolument complète l'émission d'électrons de la cathode, on a été conduit à adopter des formes de grilles entourant complètement la cathode et l'anode.

La commande de la décharge par la grille n'est pas un phénomène uniquement électrostatique ; ceci est dû au fait que la grille peut se recouvrir d'un peu de la matière active qui s'échappe de la cathode, de sorte que l'émission de grille n'est pas tout à fait négligeable. Dans la plupart des applications pratiques, ce phénomène n'est pas gênant. Cependant pour des applications où l'on ne dispose pour la commande de grille que d'une énergie très faible il est possible d'employer des thyratrons bigrilles. L'une des grilles est utilisée comme grille de commande ; l'autre grille est utilisée comme grille écran afin de protéger la première contre l'émission de matière active de la cathode et afin aussi de diminuer l'influence de la capacité entre électrodes.

5. Constantes principales de quelques modèles de thyratrons. — Dans le tableau 1 sont consignées, à titre d'indication, les constantes principales de quelques modèles les plus courants de thyratrons.

II. Applications des thyratrons.

1. Utilisation des thyratrons comme relais. — L'application la plus simple du thyratron réside dans son emploi comme relais très sensible et exempt d'inertie. Lorsque la tension d'anode est alternative, la grille intervient à chaque alternance positive pour arrêter ou permettre le départ de la décharge et il n'y a aucune difficulté pour commander une puissance de plusieurs kilowatts dans le circuit d'anode avec une puissance de quelques milliwatts dans le circuit de grille.

TABLEAU I. — *Constantes principales de quelques modèles les plus courants de thyratrons.*

TYPE	Th 17	Th 81	Th 57	Th 33	Th 67	Th 29	Th 41
Puissance de chauffage de la cathode en watts.....	12,5	12,5	25	25	25	85	85
Intensité moyenne du courant cathode-anode, en ampères	0,25	0,25	2,5	2,5	2,5	12,5	12,5
Tension maximum inverse, en volts	2.500	180	1.000	1.000	1.000	3.000	12.500
Caractéristiques particulières.	Caractéristique négative.	Caractéristique négative. Remplissage d'argon.	Caractéristique négative.	Caractéristique positive.	Faible temps de déionisation.	Caractéristique négative.	Faible temps de déionisation.

Si la tension d'alimentation est alternative, il suffit de dépasser le potentiel critique de la grille pour que le tube s'allume, et il suffit de réduire le potentiel de la grille pour que la décharge se désamorce à la fin de l'alternance positive. Par contre, lorsque la tension d'anode est continue, la grille ne peut pas arrêter la décharge une fois amorcée. On peut l'arrêter soit en ouvrant pendant un temps très court le circuit d'anode, soit en utilisant un second thyratron comme il est indiqué sur la figure 4. Sur cette dernière, R et R' représentent le circuit d'utilisation et A, le thyratron principal. Lorsque la décharge est amorcée dans A, il est pratiquement impossible de l'arrêter quelle que soit la polarité négative appliquée à la grille. Si le thyratron auxiliaire B n'est pas amorcé, le condensateur C se charge suivant les polarités indiquées. Lorsque l'on amorce B, le potentiel du condensateur se trouve appliqué brusquement aux bornes de A avec une polarité telle que la décharge se trouve interrompue pendant un temps très court dans A, ce qui permet à la grille de A de reprendre sa commande. Le thyratron A reste donc éteint et le thyratron B reste allumé. Le condensateur C se charge dans le sens inverse du précédent et la manœuvre inverse peut être répétée. On peut donc, en agissant sur les grilles de A et de B, faire passer successivement le courant par R et R'.

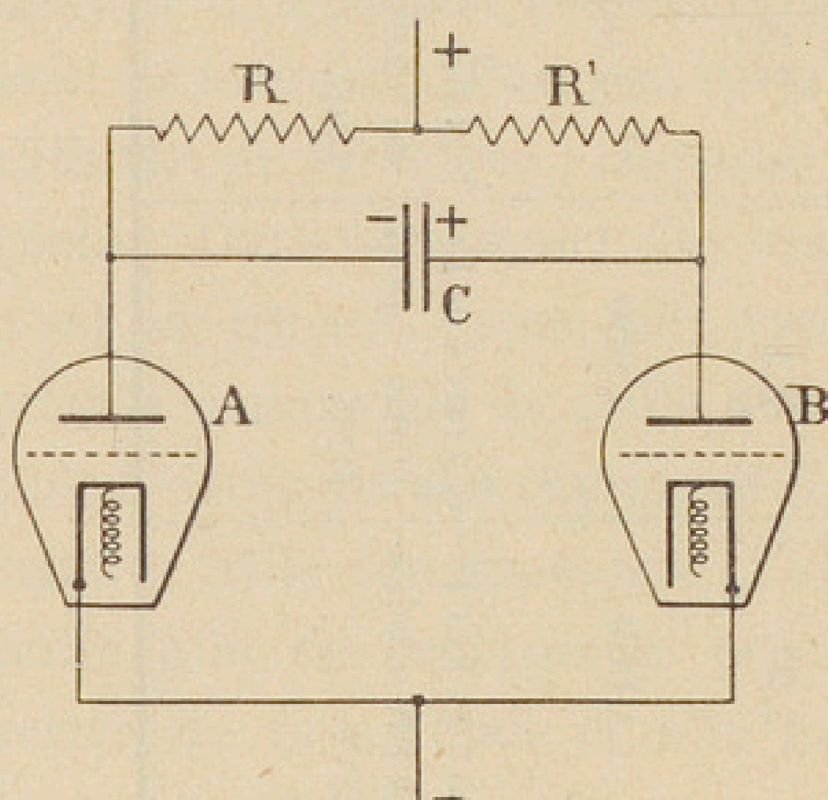


Fig. 4. — Schéma d'un relais réalisé avec deux thyratrons : A, B, thyratrons ; C, condensateur ; R, R', circuit d'utilisation.

En allumant alternativement tantôt A, tantôt B, et en remplaçant R et R' par les enroulements primaires d'un transformateur, on peut transformer du courant continu en courant alternatif.

Les thyratrons peuvent être facilement employés avec des cellules photoélectriques et des triodes pour obtenir des relais très rapides et très sensibles. Ils remplacent avantageusement les relais

mécaniques, surtout si l'on demande à ceux-ci une grande rapidité et une grande sécurité de fonctionnement.

2. Utilisation des thyratrons comme redresseurs à courant ou à puissance réglable. — Lorsque l'on désire régler progressive-

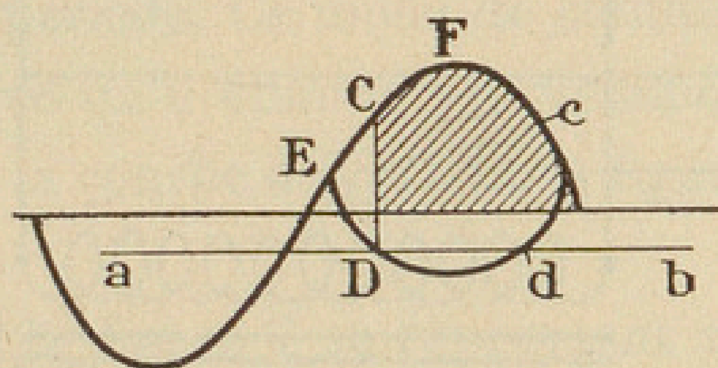


Fig. 5. — Courbes de la tension se rapportant à une tension de grille continue.

ment le courant dans le circuit d'anode, il faut l'alimenter par une tension d'anode alternative et provoquer l'amorçage de la décharge

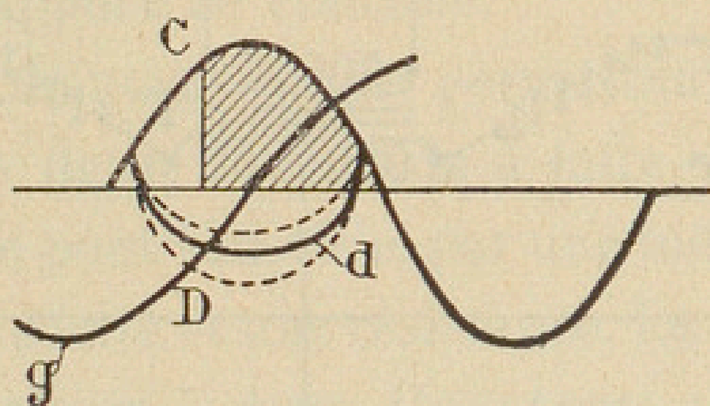


Fig. 6. — Courbes de la tension se rapportant à une tension de grille alternative.

en un point variable de chacune de ses alternances positives. Les courbes des figures 5, 6, 7 représentent les courbes de la tension se

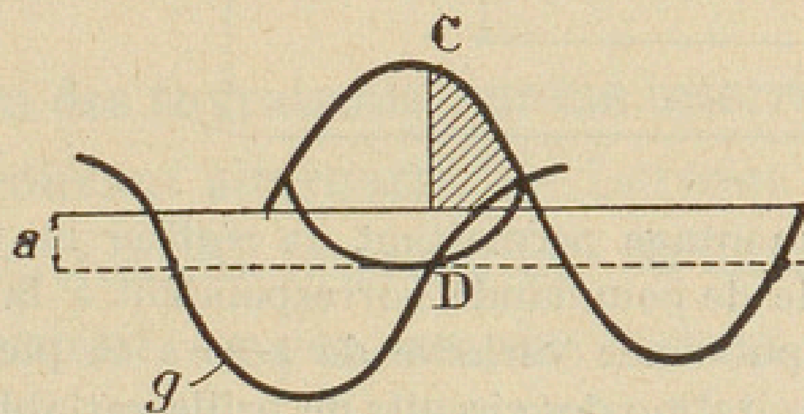


Fig. 7. — Courbes de la tension se rapportant à une tension de grille résultant de la superposition d'une tension continue variable définie par *a* et d'une tension alternative *g* de phase et d'amplitude constante.

rapportant à trois modes différents de commande. Dans le premier cas, la tension de grille est continue et est représentée par une droite ab ; l'amorçage de la décharge a lieu en DC lorsque la droite ab

coupe en D la caractéristique d'allumage. Le courant s'écoule pendant le temps correspondant à toute la zone hachurée, et l'intensité moyenne du courant dans le circuit d'utilisation est donnée par l'ordonnée moyenne de cette zone hachurée. En faisant varier le

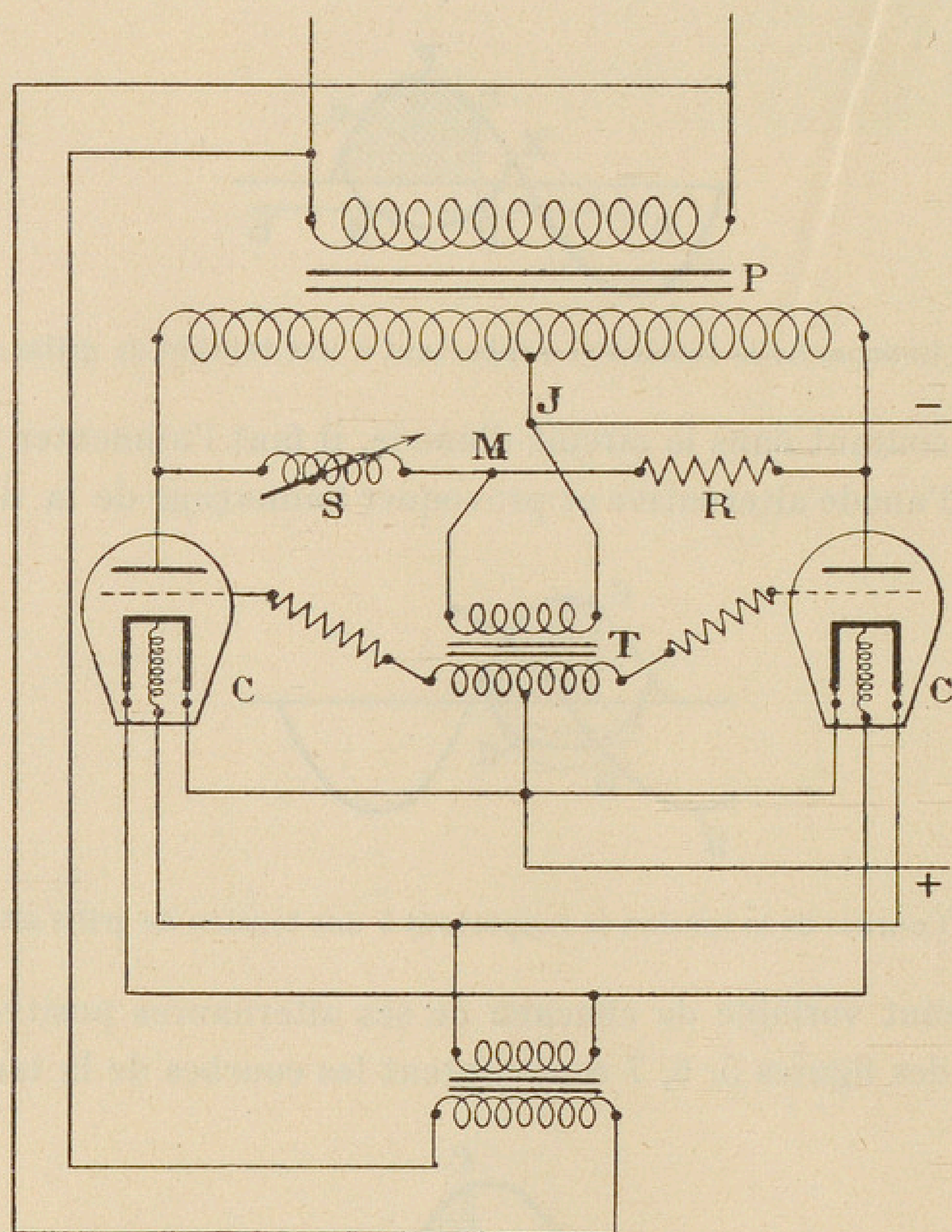


Fig. 8. — Schéma de montage permettant de réaliser un redresseur fonctionnant suivant le mode de commande correspondant à la figure 6 et permettant d'obtenir une puissance variable de zéro à la pleine charge à partir d'une puissance d'excitation des circuits de grille variable de zéro à quelques milliwatts : C, thyratrons ; P, transformateur ; R et S, résistance et inductance du pont à déphasage ; T, inductance.

potentiel de la grille, on peut faire varier l'instant d'amorçage de la décharge et, par suite, le courant moyen redressé, mais il faut remarquer que le point d'amorçage ne peut varier que de E à F, ce qui limite l'étendue du réglage.

La courbe de la figure 6 concerne le cas où la tension de grille *g* est alternative, d'amplitude constante, et offre la même fréquence que la tension d'anode. On peut alors faire varier l'instant d'amorçage de la décharge en faisant varier la phase de la tension de grille, et le point d'amorçage de la décharge peut varier du début à la fin de la demi-période. Ce mode de commande de la grille est à recommander parce qu'il élimine pratiquement l'effet des variations éventuelles de la courbe d (variations figurées en trait ponctué sur la figure 6).

Les courbes de la figure 7 se rapportent au cas où la tension de grille résulte de la superposition d'une tension continue variable définie par *a* et d'une tension alternative *g* de phase et d'amplitude constante. Ce mode de commande, comparé à celui de la figure 5, permet d'augmenter l'étendue du réglage et d'éliminer en partie les variations du rapport de contrôle.

Un schéma de montage simple permettant de réaliser le mode de commande de la figure 6 consiste à faire varier la phase de la grille au moyen d'un pont constitué par une inductance et une résistance, ou par une capacité et une résistance. Le schéma de la figure 8 représente un redresseur à deux thyratrons permettant d'obtenir une puissance variable de zéro à la pleine charge à partir d'une puissance d'excitation des circuits de grille variable de zéro à quelques milliwatts. On a réalisé des redresseurs de ce genre ayant une puissance de plusieurs kilowatts.

3. Utilisation des thyratrons comme interrupteur ou dispositif de réglage d'un courant alternatif. — Lorsque l'on désire réaliser au moyen de thyratrons un interrupteur ou un dispositif de réglage d'un courant alternatif, on peut employer deux thyratrons, chacun d'eux laissant passer une alternance (fig 9). Dans ce cas, les cathodes des thyratrons ne sont pas au même potentiel, et il faut disposer sur le transformateur de grille deux enroulements secondaires séparés dont on fait varier la phase, en agissant sur leur enroulement primaire commun, pour provoquer l'arrêt ou l'amorçage progressif de la décharge.

Pour définir avec une grande précision les instants d'amorçage

de chaque alternance et pour éliminer complètement l'effet des variations des caractéristiques d'allumage, il est avantageux de donner à la courbe g de la figure 6 une forme telle qu'elle coupe la courbe d en suivant une ligne verticale. Dans ce but, on fait appel aux transformateurs de grille très saturés produisant une onde à front raide de forme pointue.

Dans tous les cas d'emploi précités, le courant d'utilisation passe entièrement par les thyratrons. Nous exposerons brièvement

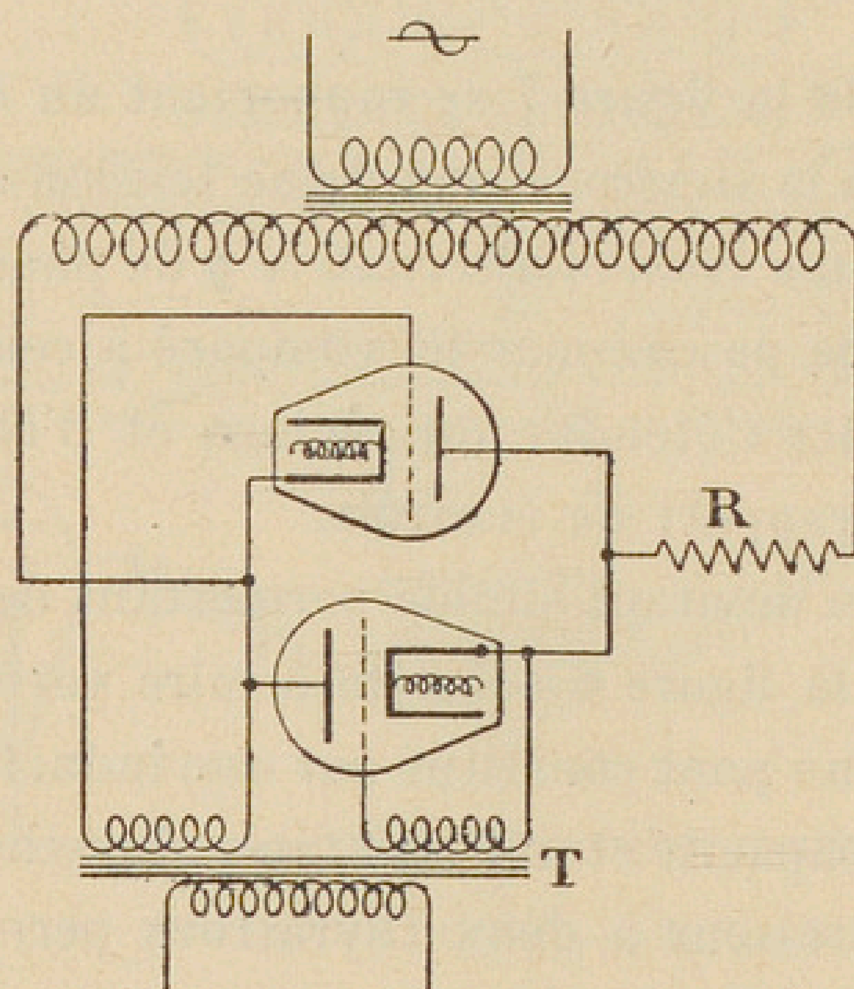


Fig. 9. — Schéma d'un dispositif de réglage de la puissance d'un courant alternatif au moyen de deux thyratrons commandant directement le circuit d'utilisation.

maintenant deux modes d'emploi dans lesquels les thyratrons commandent indirectement le circuit d'utilisation.

On peut tout d'abord employer en série avec le circuit d'utilisation une bobine d'inductance à noyau de fer fermé comportant deux enroulements 1 et 2 parcourus par le courant principal d'utilisation et un enroulement 3 parcouru par du courant continu (fig. 10). La disposition de ces enroulements est telle que 1 et 2 n'induisent aucune tension alternative dans 3. Le courant dans 3 n'est donc limité que par la résistance du bobinage et il est possible, avec une puissance continue relativement faible, de saturer le noyau et, par suite, de faire varier l'inductance des enroulements 2 et 3. Le générateur fournissant le courant continu de saturation

peut être un redresseur à thyratrons tel que celui figuré en 9, et l'on peut ainsi, avec une variation progressive de la puissance de quelques milliwatts, commander progressivement un circuit de plusieurs dizaines et même de centaines de kilowatts. Il faut remarquer toutefois que ce réglage n'est pas instantané à cause du temps d'établissement du flux continu dans la bobine d'inductance principale.

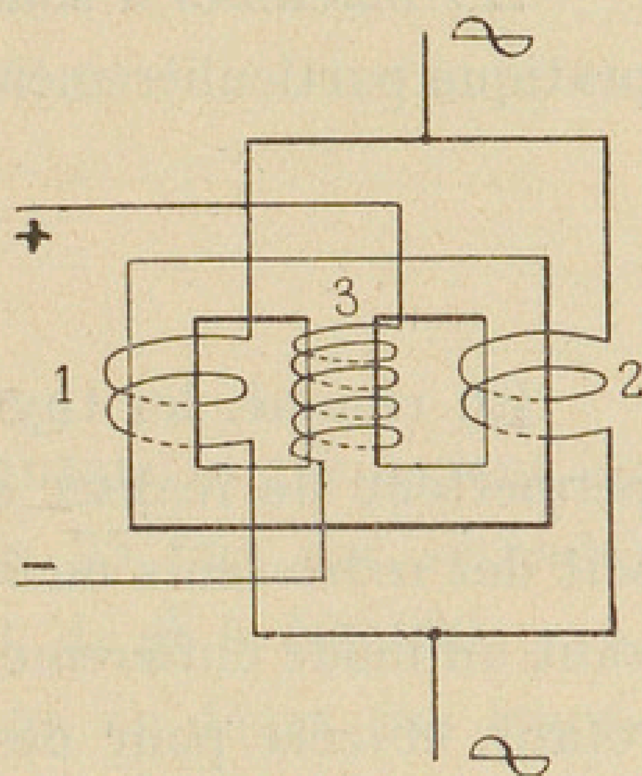


Fig. 10. — Schéma d'un dispositif permettant le réglage de la puissance d'un courant alternatif au moyen de deux thyratrons commandant indirectement le circuit d'utilisation au moyen d'une bobine d'inductance à deux enroulements.

Un autre moyen de commander des puissances importantes consiste à intercaler en série avec le circuit d'utilisation un transformateur T comme il est indiqué sur la figure 11. Ce transformateur possède un enroulement secondaire à haute tension, qui est susceptible d'être mis en court-circuit au moyen de deux thyratrons A et B. On peut ainsi, en agissant sur le moment d'amorçage des

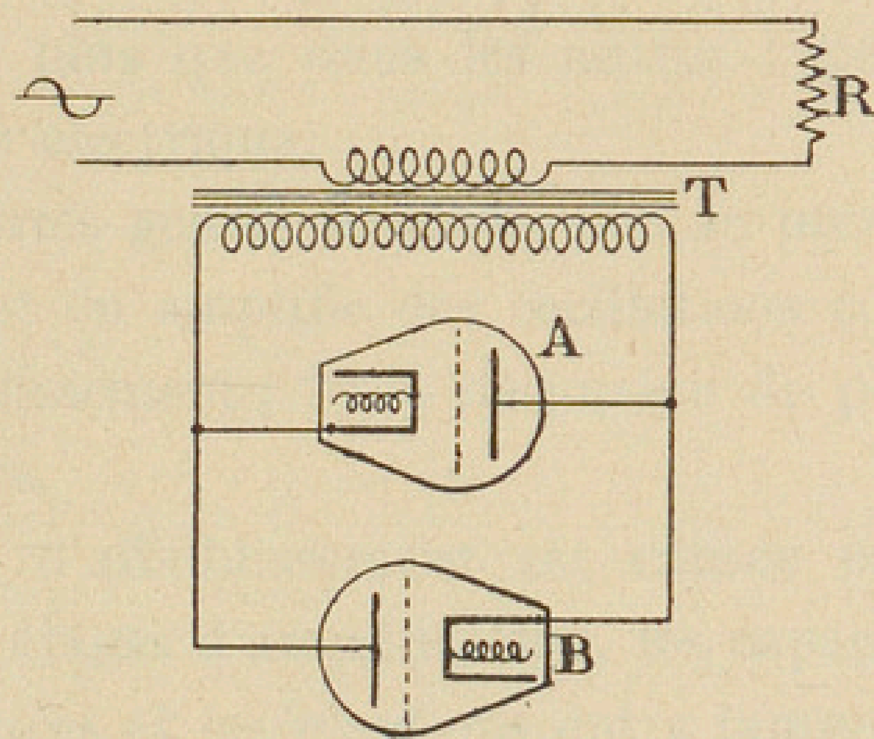


Fig. 11. — Schéma d'un dispositif analogue à celui correspondant à la figure 10, mais comportant un transformateur T pour la commande indirecte par deux thyratrons A et B du circuit d'utilisation R.

thyratrons à chaque alternance, faire varier progressivement ou brusquement l'inductance du primaire et commander des puissances

importantes en adaptant les caractéristiques du secondaire du transformateur à celles des thyratrons.

Les machines à souder par points constituent une application pratique particulièrement intéressante de ce montage.

III. Conclusion.

En résumé, les thyratrons actuellement construits en France permettent de réaliser soit des relais à réglage par tout ou rien, soit des redresseurs ou relais à réglage progressif fonctionnant suivant un mode entièrement statique, absolument sûrs et sans aucun retard, et cela pour des puissances atteignant plusieurs dizaines de kilowatts. Ils sont appelés à être appliqués de plus en plus dans l'industrie électrique et à devenir aussi indispensables que le triode l'est devenu dans la technique de la haute fréquence et des très faibles courants.

L'AMPLIFICATION EN TÉLÉVISION, [1]

par G. KRAWINKEL

Dr-Ingénieur.

I. Introduction

Les images de télévision que l'on transmet actuellement en Allemagne (images de 180 lignes répétées 25 fois par seconde) occupent une bande de fréquences allant de 0 à 500.000 p : s. Cependant on se demande si, à l'avenir, on ne devra pas transmettre des bandes de fréquences encore plus larges. Mais une bande allant de 0 à 500.000 p : s est déjà beaucoup plus large que celles utilisées jusqu'ici par exemple pour des transmissions acoustiques (téléphonie, relais des émissions radiophoniques), et il est nécessaire pour transmettre effectivement une aussi large bande de fréquences d'utiliser des amplificateurs d'un type nouveau ou en tout cas d'un type ancien nouvellement perfectionné. A côté des difficultés qu'entraîne par elle-même la largeur de la bande des fréquences à transmettre, on a en outre, en télévision, à réaliser les conditions très sévères imposées par la nécessité de réduire les distorsions encore plus que dans les autres types antérieurs de télécommunication électrique.

On sait que trois genres de distorsion se présentent toujours quand on transmet ou amplifie des oscillations complexes : 1° la distorsion d'affaiblissement ; 2° la distorsion de phase ; 3° la distorsion non-linéaire.

La distorsion d'affaiblissement est causée par les éléments de couplage entre étages d'amplification, les capacités propres des lampes amplificatrices et les réactions entre lampes. La distorsion

---

1. Traduction d'un article paru sous le titre « Verstärkerfragen beim Fernsehen » dans la revue allemande *Fernsehen und Tonfilm*, n° 4, 1934.

de phase est produite par ces mêmes causes, tandis que la distorsion non-linéaire est due à la courbure des caractéristiques des lampes amplificatrices et le cas échéant aux propriétés des substances magnétiques constituant les noyaux des bobines d'inductance ou des transformateurs. L'influence de ces diverses distorsions sur la qualité des images reçues en télévision est extraordinairement grande. Un amplificateur présentant une grande distorsion d'affaiblissement (c'est-à-dire qui procurerait dans les diverses régions de la bande des fréquences effectivement transmises des gains dont les valeurs absolues dépasseraient trop celles des affaiblissements correspondants à compenser) produit dans les images reçues en télévision un estompage des contours si les composantes de fréquences élevées sont désavantagées, ou bien il reproduit mal les larges surfaces de tonalité uniforme si les basses fréquences sont désavantagées. On peut, dans des transmissions télévisuelles de bonne qualité, admettre une variation du gain en fonction de la fréquence (dans toute la bande à transmettre) d'environ 10 % de la valeur maximum du gain.

La distorsion de phase produit, lorsqu'elle est faible, un effet de plastique indésirable dans les images reçues : un contour noir est suivi par un contour blanc de même forme et très rapproché — et inversement. Si la distorsion de phase est importante, l'image est tout à fait méconnaissable, car les divers éléments chevauchent les uns sur les autres. La distorsion de phase consiste dans des différences de temps de propagation (dérivée du déphasage par rapport à la pulsation) des diverses fréquences à amplifier. Comme l'œil est extrêmement sensible aux transpositions des divers éléments d'image, il en résulte que les amplificateurs pour télévision doivent être pratiquement exempts de distorsion de phase. La condition rigoureuse à satisfaire à ce sujet est la suivante : la dérivée du déphasage par rapport à la fréquence doit être constante dans toute la bande des fréquences à transmettre effectivement. Toutefois comme cette condition ne peut pas être rigoureusement satisfaite dans les amplificateurs couplés par des éléments dont les caractéristiques dépendent de la fréquence, on peut adopter, comme une limite qu'il est possible de respecter pour la

différence entre temps de propagation, l'intervalle de temps qui s'écoule entre la transmission d'un point de l'image et la transmission du point immédiatement voisin. Pour le cas d'images à 180 lignes, répétées 25 fois par seconde, cela correspond à une différence entre temps de propagation de 10^{-6} seconde au plus. L'exigence minimum à ce sujet est qu'il ne doit pas y avoir un écart supérieur à cette valeur de 1 microseconde entre deux temps de propagation correspondant à deux fréquences quelconques comprises entre la fréquence maximum à transmettre effectivement d'une part et la fréquence de changement de lignes dans l'exploration de l'image d'autre part.

La distorsion non-linéaire produit des défauts dans la reproduction des demi-teintes de l'image à la réception. Les images reçues semblent « souillées ». Il est vrai que, dans le cas d'amplificateurs présentant une certaine distorsion d'affaiblissement et dans le cas d'images à contours très marqués, une certaine distorsion non-linéaire permet, comme on le sait, d'accentuer les contours de l'image, mais au détriment de la reproduction des demi-teintes ; il semble donc qu'un tel procédé procure une correction apparente de la distorsion d'affaiblissement ; mais il n'est à recommander en aucun cas. La bonne transmission des demi-teintes est, sans contestation possible, nécessaire pour une télévision de haute qualité et il faut donc éviter autant que possible la distorsion non-linéaire dans les amplificateurs de télévision.

2. Possibilités d'amplification.

Avant d'établir le projet d'un montage d'amplificateur, il faut envisager les diverses méthodes d'amplification possibles. Si l'on admet la bande précitée des fréquences à transmettre effectivement (de zéro à 500.000 p : s), on peut songer aux méthodes d'amplification suivantes :

1° On peut amplifier directement le courant complexe produit par la cellule photoélectrique, dont les composantes sont réparties dans la bande de fréquences précitée. Les difficultés résident dans l'amplification des fréquences extrêmes de cette bande,

c'est-à-dire d'un côté les fréquences très basses (voisines du courant continu) et d'un autre côté des fréquences très élevées (correspondant à des longueurs d'ondes voisines de 600 mètres). Un tel amplificateur, amplifiant les très basses fréquences jusqu'à la fréquence zéro, est appelé « Amplificateur de courant continu » ; un mode de réalisation d'un tel amplificateur est décrit ci-après.

2° On peut tout d'abord translater les signaux de télévision fournis par la cellule photoélectrique dans une autre région du spectre des fréquences et amplifier la nouvelle bande de fréquences obtenue après cette translation. En modulant une onde porteuse de 1.000.000 p : s au moyen du courant photoélectrique complexe (bande : 0 à 500.000 p : s), on obtient des bandes latérales de modulation, supérieure (1.000.000 à 1.500.000 p : s) et inférieure (500.000 à 1.000.000 p : s). Etant donné que la bande initiale (0 à 500.000 p : s) ne doit pas chevaucher sur la bande latérale obtenue par modulation, il faut que la fréquence porteuse utilisée soit au moins égale à 1.000.000 p : s. En général, dans un tel procédé, la fréquence porteuse doit être supérieure ou égale au double de la fréquence maximum des composantes du signal de télévision initial (courant photoélectrique).

Dans ce deuxième procédé, la difficulté ne réside plus dans l'amplification, mais dans la modulation préalable.

La modulation consiste en une interférence entre un mélange de composantes de basses fréquences (onde modulatrice) et une onde porteuse de haute fréquence. Lorsque la tension modulatrice est notablement inférieure à 1 volt, on obtient un très mauvais rendement (rapport de l'amplitude de la tension modulatrice de basse fréquence à l'amplitude de la tension de haute fréquence modulée) dans les procédés usuels de modulation, basés sur la courbure d'une caractéristique. Or c'est précisément le cas pour la tension modulatrice produite à la sortie de la cellule photo-électrique. Il est vrai qu'on a mis au point certains montages en pont pour la modulation des courants de faible intensité, mais le rendement en tension n'est pas encore satisfaisant avec ces montages [1].

---

1. Voir Schröter : *Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens*, Berlin 1932, pages 292 à 301.

Les deux méthodes d'amplification mentionnées ci-dessus, l'amplification de courant continu et l'amplification haute fréquence avec modulation préalable, peuvent aussi être combinées ensemble : la tension fournie par la cellule photoélectrique est tout d'abord amplifiée au moyen d'un amplificateur de courant continu jusqu'à une valeur telle qu'on puisse effectuer une modulation avec un bon rendement en tension. Après modulation on effectue une deuxième amplification, avec un amplificateur haute fréquence.

Jusqu'ici on a supposé qu'il fallait amplifier la composante de courant continu et les composantes de très basses fréquences (voisines de la fréquence zéro) du signal de télévision. En fait, l'amplification de cette composante de courant continu est nécessaire pour une reproduction fidèle des images transmises car c'est elle qui procure la tonalité générale de l'image reçue. Cependant, comme cette composante de courant continu complique énormément le problème de l'amplification en télévision, comme cela est expliqué ci-après, on renoncera à amplifier cette composante de courant continu, ce qui veut dire qu'en même temps on renonce à reproduire fidèlement les tonalités générales des images reçues en télévision. L'ennui de renoncer à cette reproduction fidèle des tonalités générales est négligeable en présence de la simplification considérable qui résulte pour l'amplification de ce qu'on n'a pas à amplifier la composante de fréquence zéro (courant continu). Pour une telle amplification simplifiée, la solution la plus simple réside dans l'amplificateur à couplages par résistances et condensateurs. Cette solution présente les inconvénients suivants : 1° en dérivation sur les grilles des lampes amplificatrices sont branchées les capacités par rapport à la terre (parfois assez grandes) des condensateurs de couplage, ce qui n'est pas favorable pour l'amplification des hautes fréquences ; 2° la croissance du gain de l'amplificateur dans la région des très basses fréquences est relativement lente ; par suite, non seulement la composante de courant continu n'est pas amplifiée mais également un assez grand nombre de composantes de basses fréquences du signal de télévision. Comme on renonce déjà à la composante de courant continu, il faudrait au moins reculer autant que possible vers zéro la fréquence minimum

effectivement transmise par le système de télévision. On décrit ci-après un montage d'amplificateur qui supprime la composante de courant continu mais qui évite les inconvénients signalés ci-dessus des amplificateurs à couplages par résistances et condensateurs.

3. Exemple d'amplificateur de courant continu.

Comme il est bien connu, dans un amplificateur de courant continu les plaques et les grilles des lampes successives sont réunies ensemble par des piles et des résistances. Comme il n'y a aucun organe de couplage faisant obstacle à leur transmission, les courants de très basses fréquences et le courant continu sont amplifiés par un tel dispositif. Toutefois la difficulté se présente qu'un tel amplificateur amplifie non seulement la tension continue appliquée à ses bornes d'entrée mais aussi les variations, inévitables dans la pratique, des tensions des batteries de chauffage des cathodes, d'alimentation des plaques et de polarisation des grilles. Par suite, lorsque le gain de l'amplificateur est élevé, de faibles variations par exemple de la tension de polarisation de la grille de la première lampe suffisent pour produire à la sortie de l'amplificateur des différences de potentiel plus élevées que les tensions utiles amplifiées. Cet inconvénient a limité jusqu'ici les possibilités d'utilisation de l'amplificateur à courant continu, parce que de tels amplificateurs n'ont pu être employés qu'avec des gains relativement faibles. Pour pouvoir utiliser l'amplification de courant continu avec des gains plus élevés, il faut prévoir dans l'amplificateur une discrimination systématique entre les variations de la tension appliquée aux bornes d'entrée et qu'il s'agit d'amplifier d'une part et les variations indésirables des tensions des batteries d'alimentation d'autre part.

La figure 1 représente à titre d'exemple un montage qui discrimine ainsi entre les variations de tension désirables et indésirables. La tension à amplifier est appliquée aux bornes d'entrée *a*, *b* et agit, en phases opposées, sur les grilles des lampes R1 et R1' dont la polarisation est produite par la batterie E*g*1 à travers

les résistances *rg*1 et *rg*1' respectivement. On obtient aux bornes des résistances des circuits de plaque de ces lampes (*ra*1 et *ra*1') des tensions amplifiées, de phases opposées également. La lampe R2', couplée directement à la lampe R1', débite également sur la résistance *ra*1 comme le montre la figure. La batterie E*g*2 procure une polarisation convenable de la grille de cette lampe R2'. D'autre part, les lampes R1' et R2' sont telles que, dans l'ensemble, elles donnent un gain total égal au gain que la lampe R1 procure seule. Comme le signal utile appliqué en *a*, *b* subit un changement de phase dans la voie supérieure R1 de l'amplificateur et deux

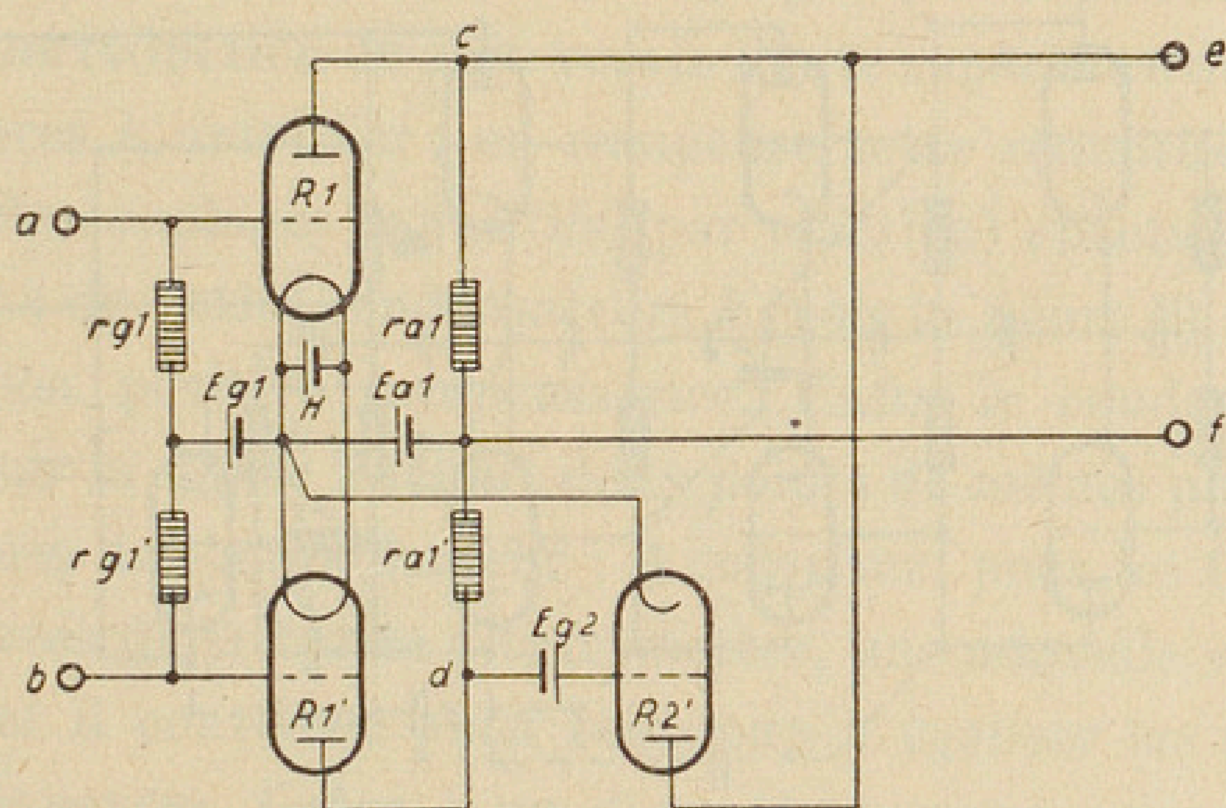


Fig. 1.

changements de phase dans la voie inférieure R1' R2') et comme il est appliqué avec des phases opposées aux grilles de R1 et de R1', les tensions produites aux bornes de sortie *e*, *f* par le signal utile après ces deux voies sont en phase et s'ajoutent dans la résistance *ra*1. Au contraire une variation accidentelle de la tension de la batterie E*g*1 produit à la sortie des deux voies de l'amplificateur des tensions amplifiées de phases opposées, qui se neutralisent exactement parce que le gain total des lampes R1, R2, de la voie inférieure est égal au gain de la lampe R1 de la voie supérieure.

Le principe illustré par la figure 1, qui concerne un seul étage d'amplification, peut s'appliquer à un amplificateur à plusieurs étages. La figure 2 par exemple représente un amplificateur à trois

étages, dans lequel toutes les variations indésirables des tensions des batteries d'alimentation agissant symétriquement sont automatiquement compensées dans la résistance de sortie R*a*.

On applique de nouveau la tension utile à amplifier aux bornes d'entrée *a*, *b* ; le gain de la voie supérieure à 3 lampes est égal à celui de la voie inférieure à 4 lampes ; les tensions utiles amplifiées dans ces deux voies s'ajoutent dans la résistance terminale R*a*. La quatrième lampe de la voie inférieure fonctionne en fait comme une lampe changeuse de phase et non comme une lampe amplifi-

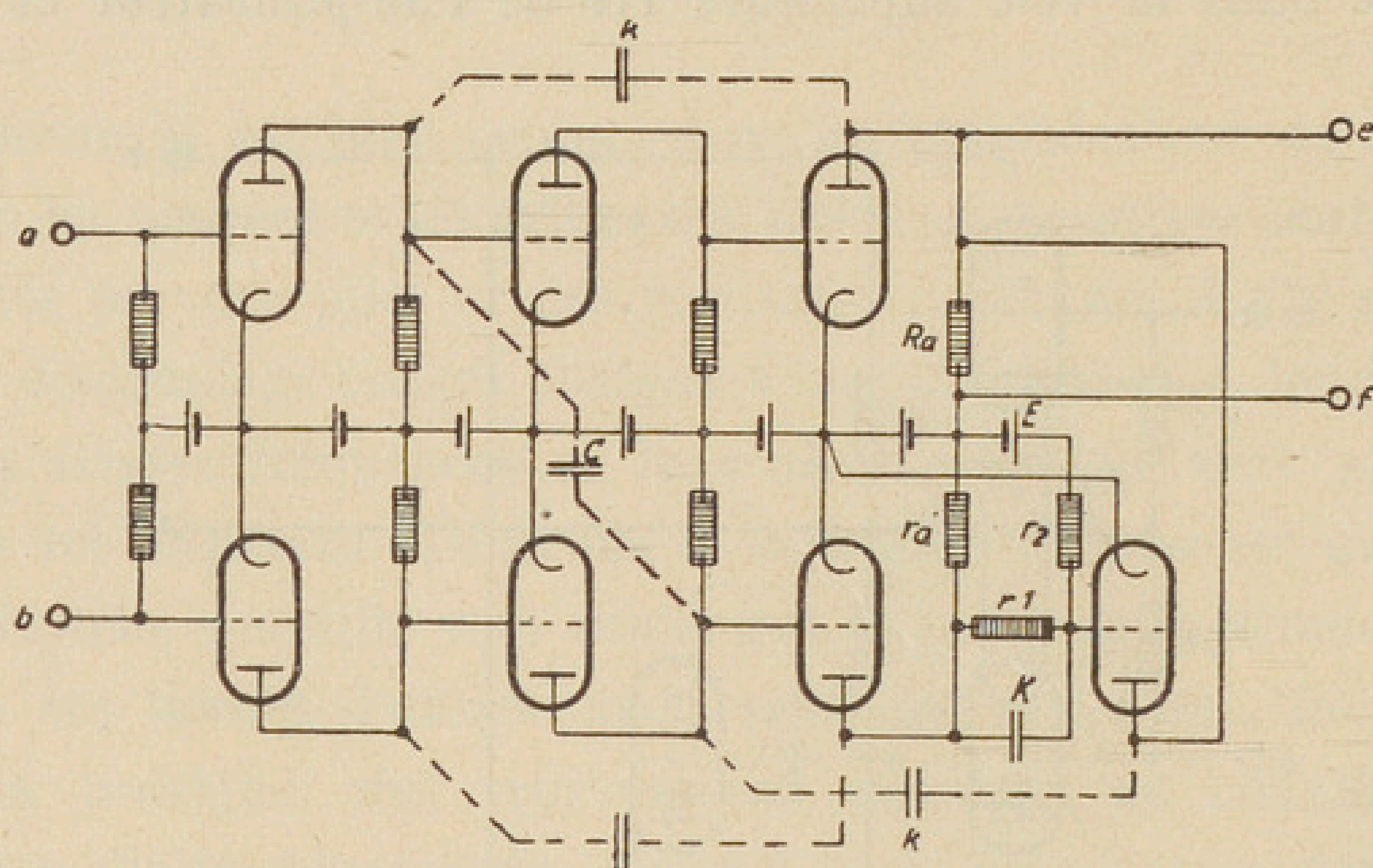


Fig. 2.

catrice ; sa grille est polarisée (non pas par une batterie spéciale comme sur la figure 1), mais par le courant circulant dans la résistance *r*1. Toutes les sources d'alimentation agissent symétriquement sur les deux voies jusqu'à la troisième lampe. Toutes les variations des tensions de ces sources se compensent dans la résistance de sortie après amplification dans les deux voies dont les gains totaux sont égaux. Cela n'est vrai naturellement que si les lampes finales travaillent sur les parties rectilignes de leurs caractéristiques ; on doit donc employer pour le dernier étage des lampes dont les caractéristiques sont aussi étendues que possible. En outre, si les sources sont elles-mêmes dérivées du secteur de distribution de courant industriel, on doit prévoir entre elles et l'amplificateur des dispositifs filtrants et régulateurs de tension.

Pour l'instant nous n'avons considéré les schémas de mon-

tage des figures 1 et 2 qu'au point de vue du courant continu. Pour pouvoir, avec un tel montage, amplifier tous les courants de fréquences comprises entre 0 et 500.000 p : s, il faut utiliser d'autres organes également représentés sur la figure 2. Afin d'éviter une réduction excessive du gain aux hautes fréquences de la voie inférieure à 4 lampes, par suite de l'action à ces hautes fréquences des résistances de couplage et des inévitables capacités internes des lampes, on a branché un condensateur K en parallèle avec la résistance *r*1. Les réactions produites par les plaques des lampes à travers les capacités propres du câblage de l'amplificateur sont la cause d'une réduction du gain vers la limite supérieure de la bande des fréquences à amplifier ; on compense cette réduction de gain au moyen de couplages capacitifs (par réaction) effectués tous les deux étages : de petits condensateurs *k* (voir la figure 2) effectuent cette réaction positive compensatrice. Enfin le condensateur C représenté sur la figure 2 réunit deux points de mêmes phases dans les deux voies de l'amplificateur : il constitue, pour les fréquences les plus élevées de la bande à transmettre, une nouvelle voie d'amplification et il contribue ainsi beaucoup à égaliser les gains aux diverses fréquences. Grâce à un dimensionnement convenable des condensateurs de couplage par réaction *k* et du condensateur transversal C, on peut même obtenir un gain qui croît avec la fréquence dans la région supérieure de la bande à transmettre ; cela est précieux lorsque l'amplificateur doit être associé à des montages qui affaiblissent davantage les hautes fréquences que les basses et les moyennes fréquences. On peut ainsi régler la courbe « gain-fréquence » de l'amplificateur de telle sorte que, pour l'ensemble du système de transmission utilisé, on ait une caractéristique de transmission uniforme à toutes les fréquences.

L'amplificateur représenté sur la figure 2 possède des cathodes « à potentiels échelonnés », c'est-à-dire que les circuits plaque des étages successifs sont montés en cascade. Pour réaliser cela dans la pratique, il faut ou bien avoir plusieurs dispositifs de raccordement au réseau, montés en cascade, ou bien avoir un seul dispositif de haute tension branché sur le réseau et alimentant un potentiomètre. Si l'on emploie un potentiomètre, il faut qu'il soit à faible

résistance afin d'éviter les couplages parasites entre étages d'amplification ; pour éviter des dépenses d'énergie électrique trop importantes, dans le cas d'amplificateurs à gain élevé alimentés par le réseau, il vaut mieux employer la première solution, c'est-à-dire celle de plusieurs dispositifs en cascade. En tout cas il faut intercaler entre le ou les dispositifs branchés sur le réseau et l'amplificateur un filtre-régulateur, qui ne laisse plus subsister dans les tensions d'alimentation des lampes amplificatrices que des variations suffisamment faibles pour que le point de fonctionnement

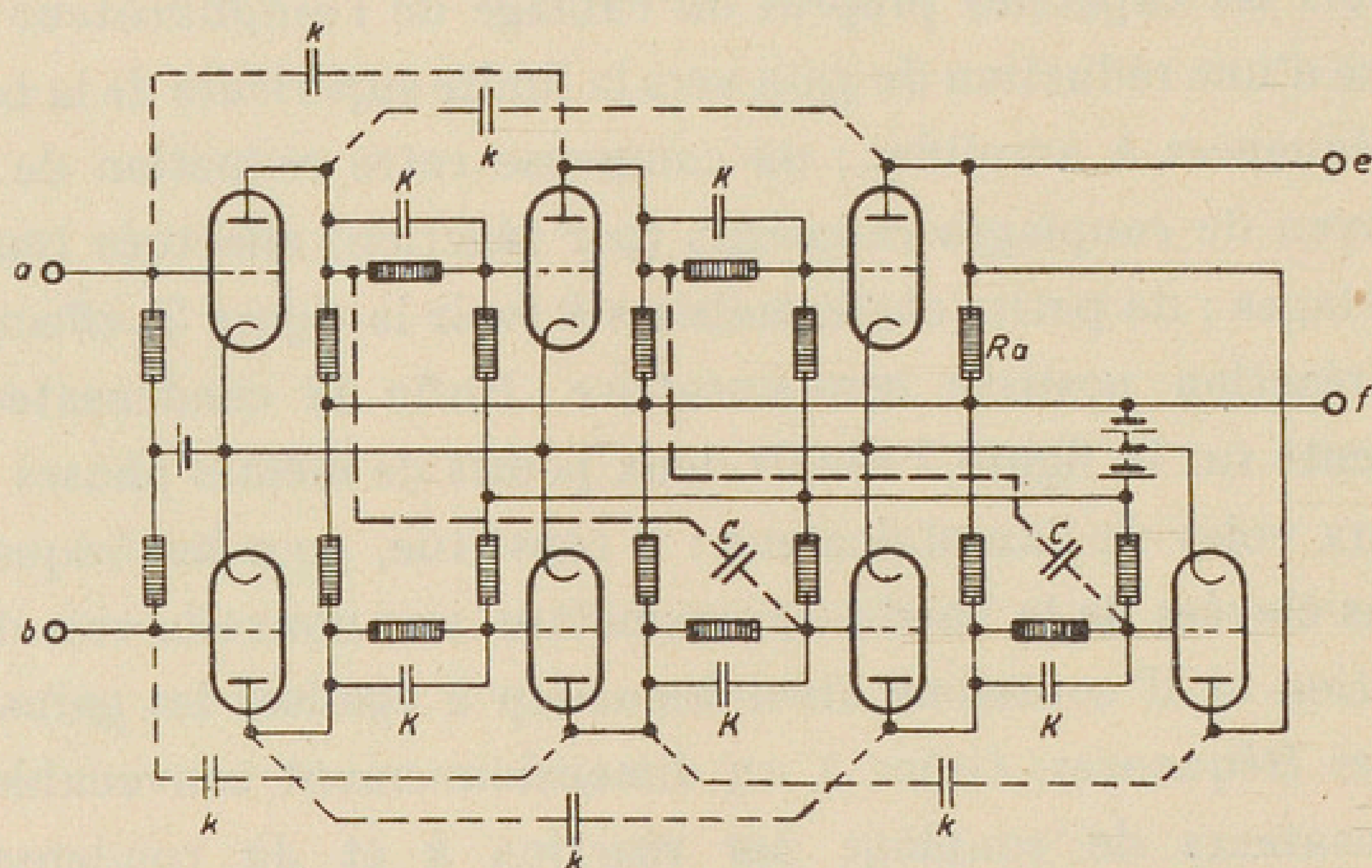


Fig. 3.

de chaque lampe finale reste toujours sur la partie rectiligne de la caractéristique : c'est seulement dans ce cas en effet qu'il y a neutralisation de ces variations accidentelles de tension dans le circuit de sortie de l'amplificateur, comme on l'a montré ci-dessus.

L'amplificateur représenté sur la figure 2, avec des cathodes à potentiels échelonnés, ne permet qu'une seule mise à la terre, soit à l'entrée, soit à la sortie de l'amplificateur. Si l'on désire avoir le même potentiel sur toutes les cathodes, on peut utiliser le montage représenté sur la figure 3. Ce montage comporte également une voie supérieure à 3 lampes, et une voie inférieure à 4 lampes, attaquées à l'entrée (*a*, *b*) avec des phases opposées, et débitant à la sortie (*e*, *f*) sur la même résistance K*a* ; ces deux voies doivent procurer des gains égaux. Mais, contrairement à la figure 2, toutes

les cathodes sont au même potentiel. Les polarisations convenables des grilles des diverses lampes de l'amplificateur sont obtenues au moyen de résistances appropriées insérées entre grille et plaque de lampes consécutives. Deux sources, montées en série, suffisent pour alimenter tout l'amplificateur (on pourrait même se contenter d'une seule source, mais elle devrait avoir une très faible résistance interne pour les raisons indiquées ci-dessus) ; l'une de ces deux sources alimente les plaques de toutes les lampes, tandis que

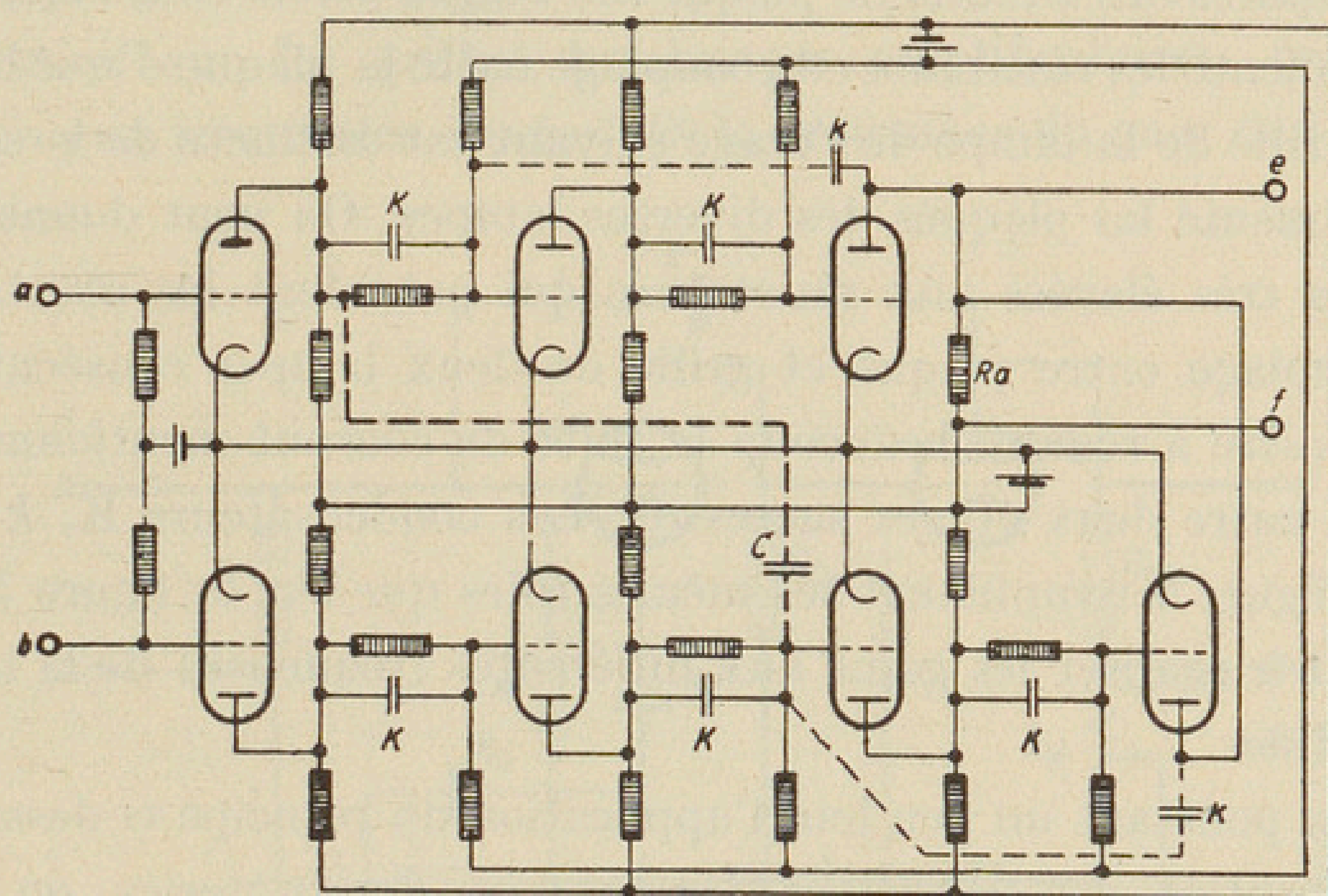


Fig. 4.

l'autre produit les polarisations des grilles grâce au courant continu qu'elle fait circuler dans des résistances appropriées.

On a inévitablement plus de capacités parasites dans un montage conforme à la figure 3, que dans un montage à connexion directe entre grille et plaque de lampes consécutives tel que celui de la figure 2. Pour réaliser des gains uniformes à toutes les fréquences d'une large bande, on emploie, comme il est représenté sur la figure 3, 1° des condensateurs K en dérivation sur les résistances de couplage entre étages successifs ; 2° de petits condensateurs de couplage par réaction tous les deux étages ; 3° deux condensateurs transversaux C réunissant chacun deux points de mêmes phases dans les deux voies de l'amplificateur. Entre la plaque d'une lampe et la grille de la lampe suivante, il se produit une fuite

de courant qui réduit le gain, d'autant plus que les résistances de grilles (parcourues par du courant) ne peuvent pas avoir une valeur aussi grande qu'on le veut à cause de la nécessité de procurer aux grilles des lampes des tensions de polarisation de valeurs prédéterminées.

La figure 4 représente un montage meilleur pour produire les tensions de polarisation nécessaires. Le principe général est le même que sur la figure 3, mais les circuits qui servent à polariser sont séparés des circuits de plaque des étages précédents : la source qui alimente les résistances de couplage entre la plaque d'une lampe et la grille de la lampe de l'étage suivant est distincte de la source qui alimente les plaques des diverses lampes. On peut donner des valeurs très élevées aux résistances qui précèdent les résistances de couplage entre plaque et grille de deux lampes consécutives, de manière à réduire beaucoup la fuite de courant mentionnée ci-dessus entre deux étages successifs. Les condensateurs K, *k* et C de la figure 4 remplissent les mêmes rôles que sur la figure 3 ; ils servent à égaliser les gains aux différentes fréquences de la bande à amplifier.

En poussant un peu loin l'application du principe ci-dessus de neutralisation des variations des tensions des batteries, on peut construire des amplificateurs de courant continu à gain relativement élevé. Mais les fluctuations de l'émission cathodique dans les lampes amplificatrices assignent une limite au gain réalisable pratiquement. Ces fluctuations (de caractère tout à fait accidentel) ne sont pas neutralisées dans les montages décrits ci-dessus. Pour pouvoir obtenir des gains encore plus élevés, il serait nécessaire d'employer des lampes à cathodes très soigneusement faites et dont l'émission serait très constante. Il serait, à ce sujet, possible d'avoir une cathode commune pour les deux lampes placées symétriquement dans la voie supérieure et dans la voie inférieure d'un amplificateur conforme à l'un des montages équilibrés décrits ci-dessus : les fluctuations de l'émission cathodique agiraient alors avec la même phase sur les deux voies et seraient neutralisées dans le circuit de sortie de l'amplificateur (comme on l'a montré ci-dessus pour les variations des tensions des sources d'alimentation).

4. Exemple d'amplificateur avec suppression de la composante de courant continu.

On a indiqué précédemment que les amplificateurs du type usuel à couplages par résistances et condensateurs présentent, dans le cas d'une large bande de fréquences, certains inconvénients, et notamment les suivants : 1° les capacités par rapport à la terre des capacités de couplage entre lampes successives, agissant en dérivation sur les grilles des lampes amplificatrices, réduisent le gain aux fréquences élevées ; 2° la croissance du gain de l'ampli-

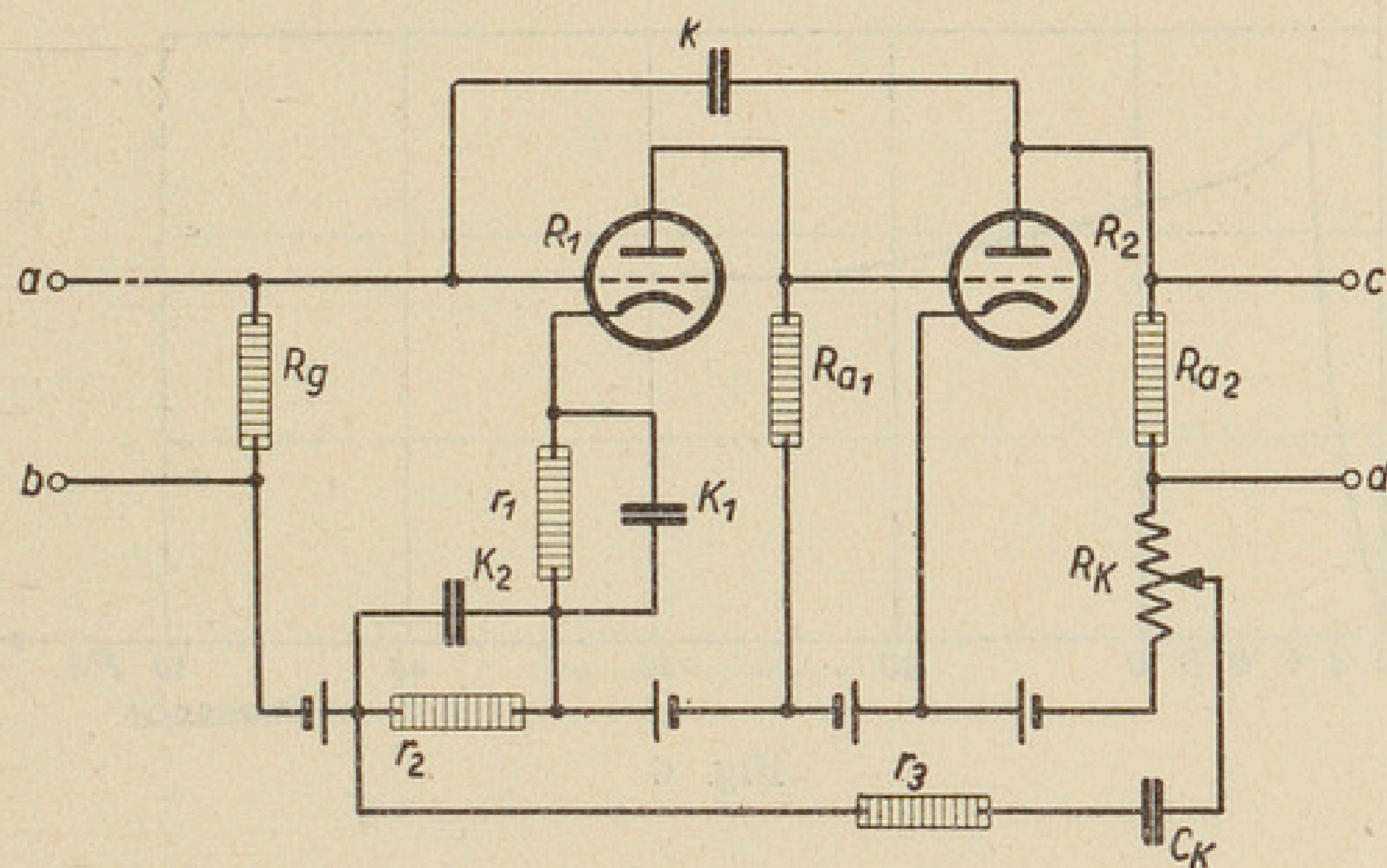


Fig. 5.

ficateur dans la région des très basses fréquences est relativement lente. C'est pourquoi on a mis au point un montage, représenté sur la figure 5, remédiant à ces inconvénients d'un amplificateur à couplages par résistances et condensateurs. Deux lampes R1 et R2 sont accouplées directement (grille à plaque) ; mais la résistance *r*1 de la cathode de la lampe R1 empêche l'amplification du courant continu que permettrait sans cela cet accouplement direct entre R1 et R2. Cette résistance *r*1 est shuntée par le condensateur K1 de sorte que la contre-réaction effectuée par la résistance *r*1 n'agit que pour les très basses fréquences. Cependant, avec un tel amplificateur à résistance cathodique shuntée par un condensateur, la croissance du gain dans la région des basses fréquences

serait encore relativement lente. Pour rendre cette croissance du gain plus rapide (lorsque la fréquence croît dans la région des basses fréquences), on utilise sur la figure 5 un couplage entre le deuxième étage et le premier étage, produisant une réaction positive mais fonction de la fréquence : dans le circuit plaque de la lampe R2 il y a, en effet, en plus de la résistance d'utilisation R*a*2, une résistance potentiométrique R*k*. Une partie de la tension produite aux bornes de R*k* est appliquée, à travers le condensateur de couplage C*k* et la résistance *r*3 à la grille de la première lampe

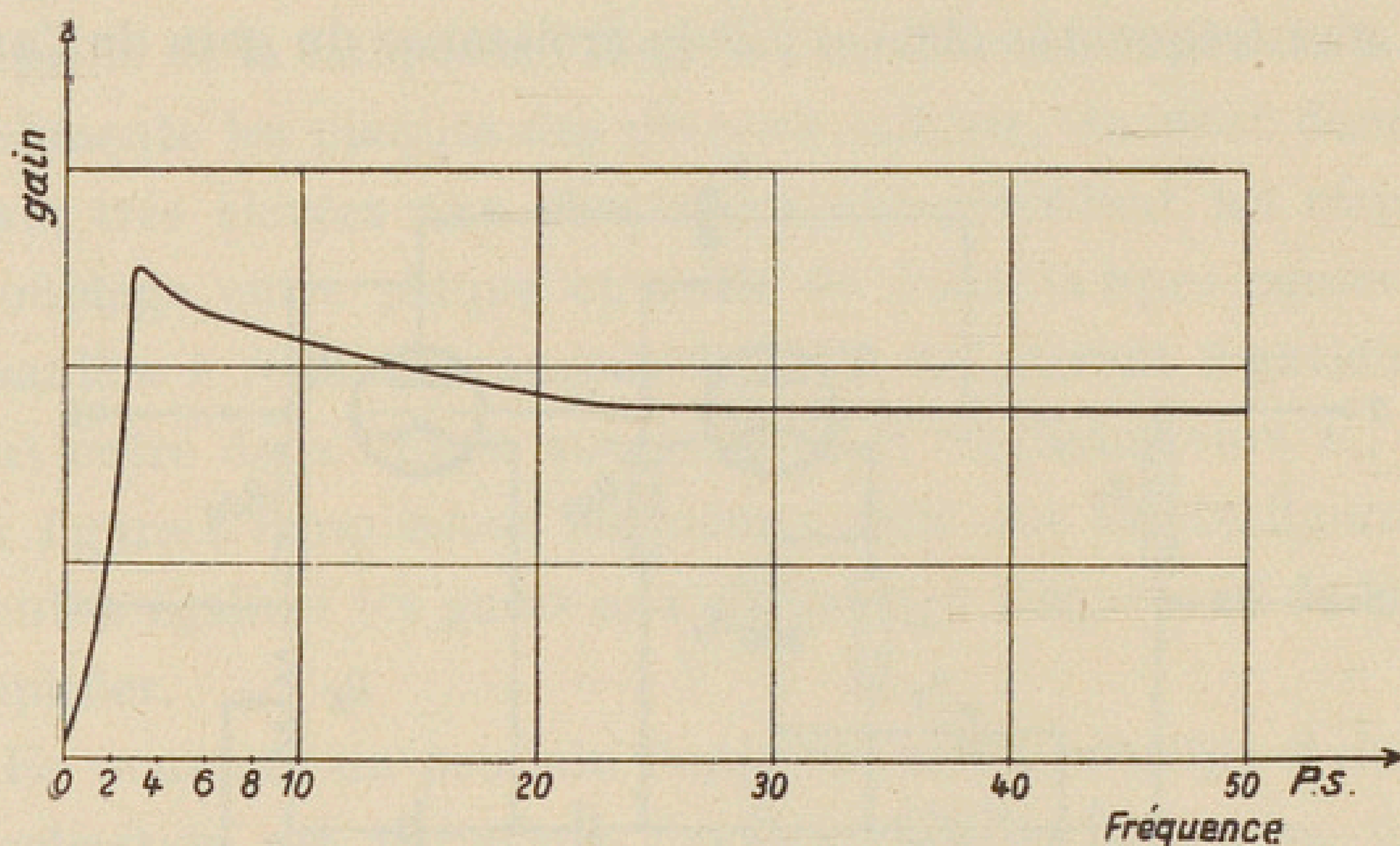


Fig. 6.

R1, à laquelle sont reliés également le condensateur K2 et la résistance *r*2. Par un choix judicieux des résistances R*k*, *r*3 et *r*2 et des capacités C*k* et K2, compte tenu des résistances internes des sources d'alimentation, on peut faire en sorte que cette réaction produise un couplage (fonction de la fréquence) qui est maximum pour les très basses fréquences, par exemple 2 ou 3 périodes par seconde.

La limite inférieure de la bande des fréquences amplifiées effectivement est donc extrêmement basse et, en outre, la croissance du gain avec la fréquence est très rapide dans la région des très basses fréquences, comme le montre la figure 6 (résultats de mesures effectuées sur un amplificateur conforme à la figure 5) ; pour 3 périodes par seconde, on a déjà atteint le gain maximum.

Le montage des cathodes représenté sur la figure 5 n'a pas d'effet dans les régions supérieures de la bande des fréquences à

amplifier ; les plaques et les grilles n'en ressentent aucune charge supplémentaire. Pour ces fréquences élevées, seules comptent les capacités internes des lampes et des câblages ; pour neutraliser l'effet de celles-ci et obtenir un gain uniforme aux diverses fréquences, on a employé, également sur la figure 5, les petits condensateurs de couplage *k* qui aux hautes fréquences favorisent le passage de l'énergie par réaction de la plaque de la deuxième lampe vers la grille de la première lampe.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Le radiotéléscripteur Siemens-Hell (1). — **1. But et principe de l'appareil.** — Le radiotéléscripteur inventé par l'ingénieur Hell utilise la technique de la téléphotographie pour la transmission de lettres, chiffres et signes de ponctuation.

C'est de ce caractère qu'il tient ses principales qualités et ses possibilités d'application.

Il répond plus particulièrement aux besoins des agences d'informations dont les services télégraphiques exigent un matériel à la fois simple, peu coûteux et d'un fonctionnement très sûr : ceci est particulièrement vrai des appareils installés chez des abonnés où ils doivent fonctionner avec un minimum de surveillance.

Jusqu'à ce jour, les parasites atmosphériques dénaturaient les signaux et on recevait fréquemment de fausses lettres ou de faux chiffres sans qu'il fût possible de soupçonner l'erreur.

L'appareil Siemens-Hell élimine complètement la possibilité de recevoir un caractère différent de celui qui a été émis. L'influence des parasites se borne à faire apparaître les signaux sur un fond plus ou moins tacheté, sur une grisaille plus ou moins foncée suivant l'intensité et la fréquence des parasites.

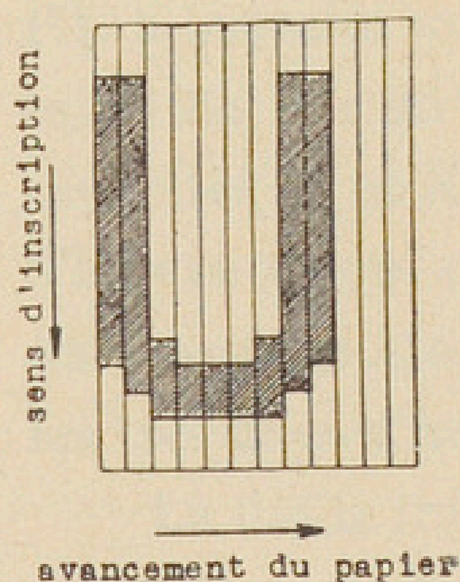


Fig. 1.

2. Description de l'appareil. — A. **Décomposition de l'image.** — Le système Hell transmet les lettres de l'alphabet romain majuscule. Chaque lettre est transmise en la décomposant, comme l'indique la figure 1, en bandes verticales juxtaposées dont la largeur est égale

1. Extrait d'un article de R. Guyot, ingénieur à l'Agence Havas, pub ié dans *l'Onde Electrique*, n° d'avril 1935.

à 1 /12 de la largeur occupée par un caractère et l'espace qui le sépare du caractère suivant.

Chacune des neuf premières bandes de la figure 1 qui représente la lettre « U » a des parties noires et des parties blanches qui correspondent respectivement à des temps d'émission ou de silence.

Les trois dernières bandes représentent l'espace qui correspond à un silence de l'émetteur.

L'appareil transmetteur du Bureau Central Radio comportera autant de cames que de signes à émettre, soit 48. Le profil de chaque came présente des dents et des encoches dont les largeurs respectives sont proportionnelles aux parties noires et aux parties blanches du signe transmis. La figure 2 représente la came de la lettre « U ».

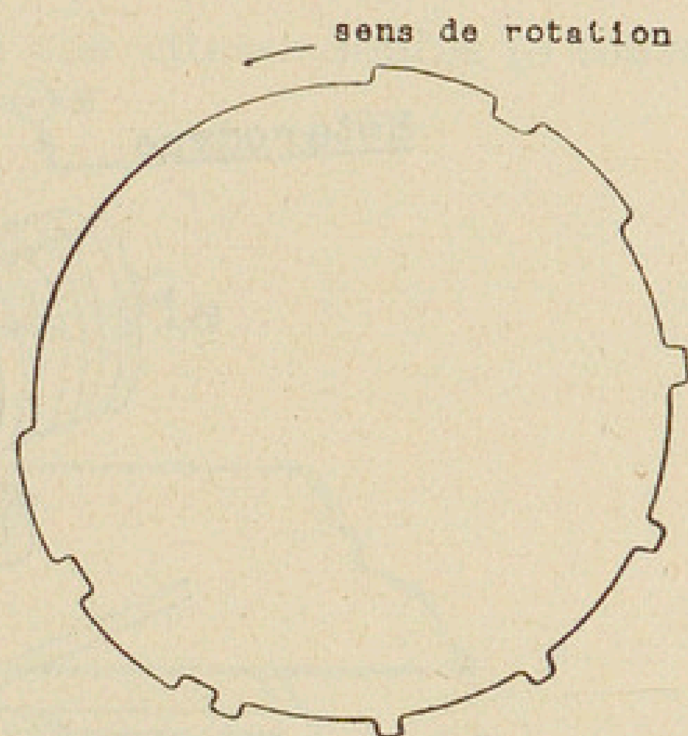


Fig. 2. — Came correspondant à la lettre « U ».

L'impulsion la plus courte qui soit émise dans ces conditions dure 1 /100 du temps nécessaire à la transmission d'un signe et de l'espace qui le sépare du signe suivant, c'est-à-dire 1 /100 de la durée d'une rotation complète de la came. Le temps qui en résulte est donc égal à :

$$\frac{1}{n \times 100}$$

en désignant par n le nombre de signes transmis par seconde. Le transmetteur manuel étant réglé pour une vitesse de 2,5 signes à la seconde et le transmetteur automatique pour une vitesse de 5 signes à la seconde, les vitesses télégraphiques correspondantes sont de 250 à 500 bauds.

Les appareils télégraphiques utilisant les codes Morse ou Baudot ont des vitesses, en général, inférieures à 50 bauds. Comme il fallait s'y attendre, le procédé téléphotographique, même appliqué à des caractères de forme aussi simplifiée que possible, comporte une vitesse de 10 à 15 fois supérieure aux vitesses usuelles. La bande de

fréquences nécessaire est large en proportion. C'est là un inconvénient non négligeable du système et qui en limite l'emploi, surtout dans le cas des ondes longues.

B. **Transmetteur.** — La vitesse de rotation de l'arbre est de 2,5 tours par seconde ; il porte 48 cames : autant que de caractères à émettre (fig. 3).

Il a été réalisé de telle façon qu'à chaque frappe une seule came donne des contacts provoquant les émissions sur la ligne. On a prévu pour cela un verrouillage des touches qui a pour effet lorsqu'on appuie

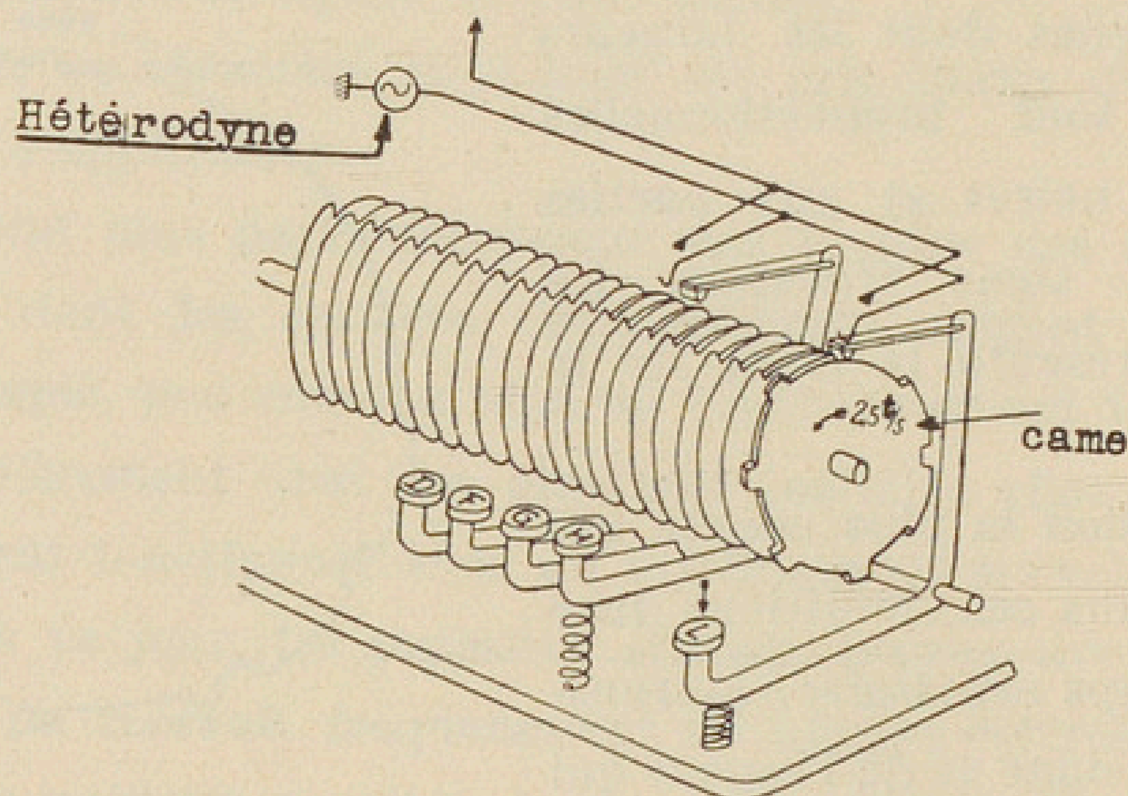


Fig. 3. — Schéma de principe du transmetteur manuel.

sur l'une d'entre elles, de bloquer toutes les autres. C'est un dispositif analogue à celui, bien connu, qui existe sur les claviers de téléscripteurs. Les touches ne sont libérées que pendant un temps égal au 1 /4 de celui d'une rotation complète de l'arbre des cames : c'est le temps de silence correspondant à un espace entre deux caractères. Si pendant cet intervalle on appuie sur une des touches, celle-ci pousse un doigt dont l'extrémité vient se présenter à la périphérie de la came. Lorsque cette came a fait un quart de tour, ses dents viennent appuyer sur le doigt qui se lève et provoque des contacts donnant des émissions sur la ligne. Les émissions successives ont des durées proportionnelles à la largeur des dents de la came. Tous les autres ressorts de contact restent ouverts car les doigts isolants qui leur correspondent restent immobiles, étant maintenus par des ressorts. Les contacts envoient dans le circuit qui commande l'émetteur des

émissions d'un courant de fréquence vocale à 900 périodes par seconde, dans le cas d'une station à ondes courtes, et à 2.000 périodes par seconde, dans le cas d'une station à ondes longues.

Le transmetteur manuel exige une manipulation cadencée. Si le manipulant n'a pas frappé au moment convenable, il perd un tour, car il doit attendre que l'arbre des cames présente, à nouveau, aux doigts de contact la partie des cames qui correspond au déverrouillage du clavier. C'est la raison pour laquelle le transmetteur manuel a une vitesse relativement faible (2,5 tours/seconde), qui correspond à 25 Wpm.

La transmission automatique donne une vitesse double (5 tours/

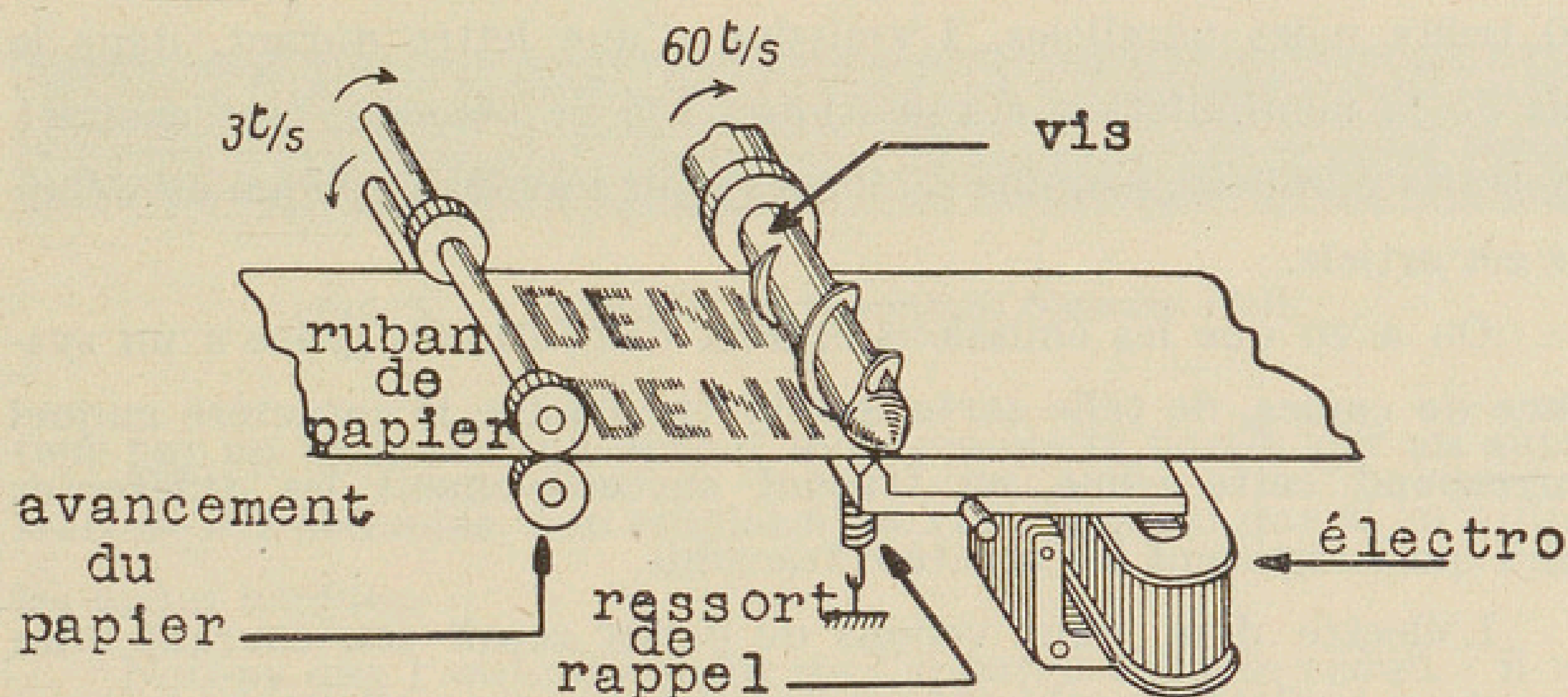


Fig. 4. — Principe de fonctionnement du téléscripteur.

seconde) soit 50 Wpm, mais elle exige une perforatrice utilisant le code à 5 éléments.

Il faut bien remarquer que dans les deux cas, transmission manuelle ou transmission automatique, ce sont toujours des impulsions de téléphotographie qui sont envoyées sur le circuit et non point des signaux télégraphiques d'un code à 5 éléments.

C. **Hétérodyne.** — L'hétérodyne basse fréquence dont on envoie le courant sur le circuit est d'un type courant qui peut donner soit du 900 périodes par seconde, soit du 2.000 périodes par seconde, sous un voltage réglable par potentiomètre jusqu'à 10 volts, ce qui est presque toujours très supérieur aux besoins.

D. **Téléscripteur Siemens-Hell.** — La figure 4 met en évidence le principe du fonctionnement du téléscripteur Siemens-Hell. L'organe le plus important est une petite vis hélicoïdale qui fait 60 tours à la seconde. Sous cette vis passent deux rubans : l'un de papier carbone, l'autre de papier blanc. Sous ce papier se trouve l'électro-aimant dont la palette a une arête parallèle à l'axe de la vis. Cette arête vient appuyer le papier sur la vis lorsque l'électro est excité. A ce moment, il y a deux points de contact entre la vis et le papier. Ces deux points de contact, du fait de la rotation de la vis, se déplacent suivant une ligne droite. La pression de l'armature sur le papier carbone provoque l'inscription de traits noirs sur le ruban.

Puisque la vis fait 60 tours à la seconde, elle trace en une seconde 60 traits noirs parallèles. L'émission d'une lettre durant, dans le cas de la manipulation automatique, 1 /5 de seconde, correspond à 12 traits parallèles, comme d'ailleurs nous l'avons expliqué au début de cet article.

On a vu que les émissions étaient discontinues grâce à un système de cames, de telle sorte que la vis dessine le caractère auquel correspond cette came, en traçant successivement les différentes raies qui composent le caractère transmis.

L'électro dont nous venons de parler reçoit son courant d'un récepteur radiotélégraphique approprié à l'onde qu'il s'agit de recevoir. Ce récepteur peut être d'un type normal, mais il est particulièrement indiqué de le munir d'une alimentation totale par le secteur ; d'éviter l'emploi de la réaction à laquelle on préfère l'hétérodyne qui donne plus de stabilité. Il est essentiel, pour le bon fonctionnement, de maintenir constante la fréquence à la sortie de l'appaeil qui doit donner 1 à 2 watts de puissance.

Si le récepteur dont on dispose ne donne pas cette puissance, il faut lui adjoindre un amplificateur basse fréquence réglable. Le réglage est, en effet, fort utile pour obtenir une bande bien nette et aussi peu tachée par les parasites que possible.

Notons que le moteur du récepteur Hell est muni d'un régulateur centrifuge qui maintient une vitesse constante, réglable par un gros bouton molleté.

C'est une qualité importante du système Hell de ne pas exiger

un synchronisme rigoureux. En effet, si les vitesses viennent à différer, les dépêches demeurent lisibles ; mais les mots, au lieu de s'inscrire parallèlement aux bords du ruban de papier, sont obliques. Comme nous l'avons vu plus haut, il y a deux points de contact de la vis, donc deux caractères inscrits l'un au-dessus de l'autre. Si le caractère supérieur sort des limites du papier, l'inférieur y demeure et un autre apparaît en dessous (fig. 5).

Le manque de synchronisme ne peut donc jamais faire perdre une seule lettre. Dès qu'on constate que la ligne du texte sort de la bande, on agit sur le bouton de réglage de la vitesse du moteur et on rétablit le parallélisme.

Un dispositif permet la mise en route à distance du téléscrip-

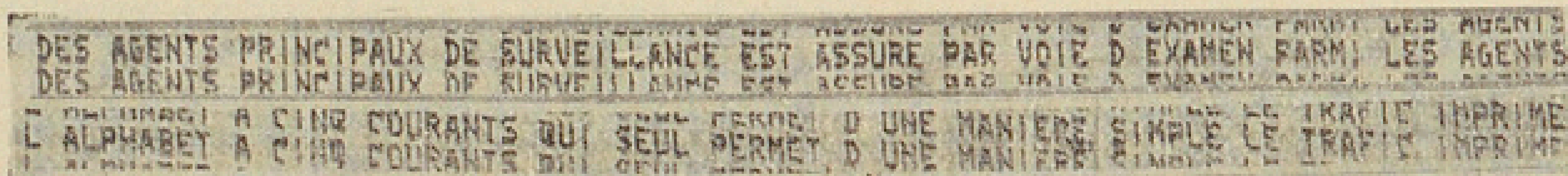


Fig. 5. — Exemples de réceptions Siemens-Hell.

teur par un trait continu durant une seconde et l'arrêt par un autre trait de dix secondes. Son emploi n'est recommandé que si on utilise les ondes longues.

Notons que l'encombrement de l'appareil est très réduit : il ne fait que 350 × 190 × 250 mm.

3. **Possibilités d'application du télescripteur Hell.** — Il convient pour tous les emplois où l'on désire recevoir directement un texte écrit en caractères d'imprimerie, sans craindre d'erreurs dues aux parasites.

L'appareil Hell est simple, robuste; son prix est relativement bas. Il n'exige pas une compétence spéciale de la part du personnel appelé à s'en servir. Toutes ces qualités le désignent, dès maintenant, pour les services de presse où une seule station émettrice est écoutée par de nombreux correspondants qui reçoivent les mêmes informations : nouvelles politiques, cours financiers et commerciaux, etc...

Il est possible d'envisager l'emploi du téléscripteur Hell plus tard, pour des services de diffusion s'adressant aux particuliers.

Cette application est liée à l'établissement d'un récepteur radio d'un prix modéré.

Dans un cas comme dans l'autre, la mise en route et l'arrêt automatiques de l'appareil sont extrêmement utiles, car ils permettent, en cas de besoin, de faire des émissions en dehors des heures prévues, pour donner immédiatement une information importante. Les amateurs de radiodiffusion pourront, de cette façon, faire enregistrer, pendant leur absence, les communications qui les intéressent.

Notons également que le téléscripteur Hell, quoique plus spécialement destiné à la radiotélégraphie, peut aussi servir pour des communications par câbles. Il faut alors disposer de circuits permettant la transmission de bandes de fréquences de 2 × 400 cycles par seconde.

Le téléscripteur Hell paraît beaucoup moins indiqué pour les liaisons commerciales, en raison de la bande de fréquences très large qu'il nécessite et surtout du fait qu'il existe déjà des appareils à plus grand rendement, mais également plus coûteux, qui résolvent le même problème et donnent toute satisfaction aux administrations intéressées. Celles-ci disposent d'ailleurs d'un personnel compétent, ce qui n'est souvent pas le cas des abonnés auxquels s'adressent les agences d'informations.

BREVETS D'INVENTION.

Téléphonie.

781.474. Perfectionnements aux répéteurs, par exemple, pour courants téléphoniques. (Le Matériel téléphonique, France, Seine.)

781.496. Perfectionnements aux appareils et méthodes pour remédier à la diaphonie. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine.)

781.637. Dispositif pour la production d'une distorsion de fréquence déterminée dans les transmissions électriques. (M. Godfrin, (Pierre-Louis-Henry), France, Seine.)

782.114. Cellule microphonique. (M. Ferquin (René), France, Seine.)

Transmission des images.

781.668. Perfectionnements aux systèmes de télévision. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique.)

781.693. Perfectionnements aux transmetteurs de télévision et aux dispositifs analogues. (Electric and Musical Industries Limited, Angleterre).

781.970. Perfectionnement aux systèmes de télévision. (A. C. Cossor Limited, Angleterre).

Radiocommunications.

781.487. Perfectionnements aux systèmes directifs de radiosignalisation. (Le Matériel téléphonique, France, Seine.)

781.519. Dispositif pour la protection des lampes des émetteurs de radiophonie contre les courants de décharge des condensateurs du circuit anodique. (Brown, Boveri et C^ie^, Suisse.)

781.611. Procédé et système de modulation. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique.)

781.630. Dispositif de réception d'ondes à sélection par quartz. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne.)

781.938. Amplificateur haute fréquence pour trafic à plusieurs directions. (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne.)

781.979. Commutateur de programmes pour la télédiffusion. (Fabriques des Montres Zénith, Suisse.)

782.063. Câble antiparasite pour descente d'antenne et terre. (Compagnie générale d'Electricité, France, Seine.)

782.095. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F., haut-parleurs, amplificateurs de sons, phonographes, électriques et autres. (M. Gabriel Gonzales de Andia Yrarrazaval, France, Seine).

782.098. Procédé de téléphonie bilatérale à grande distance entre des postes fixes et des postes mobiles. (Invention : MM. Kagan et Lubszynski). (Société Financière et Minière, Suisse).

782.099. Dispositif de téléphonie bilatérale à grande distance entre des postes fixes et des postes mobiles. (Invention : MM. Kagan et Lubszynski). (Société Financière et Minière, Suisse.)

BIBLIOGRAPHIE.

Acoustique des salles, par F. H. Van Den Dungen, Paris, Gauthier-Villars, 1934. 1 vol. 25 × 16 de VIII + 118 pages, avec 12 figures. Prix : 25 francs.

L'ouvrage de M. Van Den Dungen, de dimension relativement petite, est un essai de théorie mathématique de l'acoustique architecturale. On sait que les principes de cette science, relativement nouvelle, ont été formulés par Sabine à la suite de travaux et d'expériences demeurés classiques dont l'essentiel a été rassemblé dans les « Collected Papers ». Cette œuvre considérable demeure, aujourd'hui encore, pleine d'enseignements pour tous ceux qui ont à construire ou à utiliser les salles publiques pour les représentations théâtrales (musique, art comique et dramatique), pour des conférences ou pour des émissions radiophoniques.

Les travaux de Sabine l'ont conduit à introduire la notion de réverbération, c'est-à-dire de décroissance de l'intensité d'un son distribué uniformément, pour caractériser les propriétés des salles. Les nombreuses expériences exécutées par lui-même ou sous sa direction, mais seulement sur des bases physiologiques, c'est-à-dire en utilisant comme instrument de contrôle l'appareil auditif, lui ont permis de préciser les lois de la réverbération et d'indiquer les temps des réverbérations optima propres à chaque salle suivant son volume et son utilisation. L'application de ces lois a permis de guider utilement les architectes et de construire des studios et des salles de concerts ou de conférences de qualité très satisfaisante.

Néanmoins, de nombreuses critiques ont été récemment faites à la théorie de Sabine, soit à la suite de mesures exécutées au moyen d'appareils précis, mais non comparables au système auditif, soit comme conséquence de l'application des principes à des cas particuliers où ils peuvent se trouver en défaut.

Le but de M. Van Den Dungen a été de jeter les bases d'une théorie mathématique de la reverbération pour éliminer ce qu'il y avait encore d'empirique dans cette notion et de délimiter de façon plus étroite les cas pour lesquels la réverbération a un sens et ceux dans lesquels son emploi est contestable.

Les premières pages du travail sont consacrées non seulement à une mise en équation générale, mais aussi à l'étude du cas où l'absorption des parois est très faible.

Les équations générales permettent ensuite de définir les lois de la similitude acoustique ; on obtient ainsi l'explication des courbes statistiques habituelles, des conditions d'expérimentation sur modèles réduits et les règles du dimensionnement acoustique des salles. Le travail se termine par un aperçu historique et critique des méthodes de calcul par la théorie des ondes. Son ensemble présente un intérêt très considérable pour tous ceux qui s'occupent de l'acoustique générale des salles — et on sait que ces problèmes d'acoustique préoccupent de plus en plus les savants, les ingénieurs et les architectes. Les uns et les autres auront donc un intérêt très net à lire et à méditer l'exposé très intéressant et techniquement très solide de M. Van Den Dungen.

P. C.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins du Ministère des Postes, Télégraphes et Teléphones.

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'Administration des P.T.T. .... 20 fr.

Personnes étrangères à l'Administration .... 50 fr.

(Pour la prise en charge du montant des abonnements voir *Bulletin Officiel*, n° 15 de 1932, page 517).

Sommaire du n° 7-8 de l'année 1935 (4e année).

Un nouveau procédé de duplexage des circuits téléphoniques par courants porteurs à fréquence unique, par M. Cornilleau, sous-chef de bureau breveté au Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

PAGES ET DOCUMENTS D'HISTOIRE POSTALE.

En raison de l'abondance des matières, la publication de l'article qui devait figurer sous cette rubrique a dû être différée.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

1° POSTE ET SERVICES FINANCIERS.

Recettes budgétaires de juin 1935.
Réseau postal aérien intérieur.
Oblitération des figurines postales présentées au guichet et destinées à des collections.
Emission d'une nouvelle figurine postale.

2° TÉLÉGRAPHE.

Création dans le régime intérieur d'un télégramme du prix unitaire de 3 francs pour quinze mots au maximum.
Taxes applicables aux photo-télégrammes du régime intérieur.
Premiers essais concernant le service de phototélégrammes du régime intérieur créé par décret du 5 juin 1935.

3° TÉLÉPHONE.

Protection des lignes de télécommunication contre les courants industriels.
Projet de loi tendant à autoriser le Ministre des Postes, Télégraphes et Téléphones à conclure, au nom de l'État, des conventions avec certains départements en vue de l'établissement du téléphone automatique rural.
Réduction de certaines taxes téléphoniques internationales.

4° RADIODIFFUSION.

Conseil de gérance de l'Association Radio-Strasbourg.
Projet de loi tendant à accorder la franchise postale aux correspondances ordinaires ou recommandées relatives aux élections des représentants des auditeurs auprès des conseils de gérance.
Projet de loi relatif à l'organisation d'un service de télédiffusion.
Emissions de radiodiffusion.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° POSTE.

Allemagne. — Les colis postaux mis aux rebuts.
Allemagne. — Service des chèques postaux.

Grande-Bretagne. — Réduction de certains tarifs.
Grande-Bretagne. — Publicité dans les bureaux de poste.
Grande-Bretagne. — Les opérations de caisse d'épargne.
Pologne. — Distribution postale à la campagne.
Roumanie. — Les services postaux et électriques roumains.

2° TÉLÉCOMMUNICATIONS.

Statistique du nombre de licences de radiodiffusion.
Statistique du nombre de radiocentrales et leurs abonnés.
Allemagne. — Conditions additionnelles concernant l'installation et l'exploitation de récepteurs radiophoniques sur les navires marchands allemands (en vigueur depuis le 1er avril 1935).
Allemagne. — La radiovision et les Jeux Olympiques.
Allemagne. — La télévision à Berlin.
Etats-Unis de l'Amérique du Nord. — La loi sur les télécommunications du 19 juin 1934.
Grande-Bretagne. — Les taxes télégraphiques et téléphoniques.
Hongrie. — Conflit entre la radio et le disque.
Irak. — Les télécommunications et le « pipe-line » Irak Méditerranée.
Italie. — Un nouveau récepteur à cristal.
Japon. — La radiodiffusion japonaise.
Lettonie. — Taxe de licence. — Dispositions mises en vigueur le 1er avril 1935.
Suisse. — Lutte contre les interférences. — Ordonnance du département fédéral des Postes et des Chemins de fer du 29 janvier 1935.
Suisse. — La lutte contre les perturbations radioélectriques en Suisse.

JURISPRUDENCE.

Compétence administrative. — Actes administratifs. — Interprétation — Agent municipal. — Commune. — Mise à la retraite. — Décisions de Commission médicale. — Tribunaux judiciaires. — Incompétence.
Accident imputable à un militaire en service commandé. — Accident de travail. — Erreur dans le décompte de l'indemnité allouée à l'accidenté.
Responsabilité civile. — État. — Route nationale. — Accident causé par la chute d'un arbre. — Arbre sain et vigoureux. — Absence de responsabilité.
Responsabilité civile. — Incendie. — Feu communiqué à l'immeuble voisin. — Droits du propriétaire lésé. — Faute. — Preuve nécessaire.
Bail. — Revision. — Loi du 12 juillet 1933. — Article 4. — Locaux d'habitation. Inapplicabilité.

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Articles de revue.
B. — Ouvrages récemment entrés à la Bibliothèque centrale.

Le Gérant :
HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 17-9-35

CABLE DE CONTRE-COUPLAGE,

nouveau procédé d'équilibrage des dyssymétries des capacités partielles entre conducteurs d'une quarte de câble téléphonique (1)

par M. H.W. DROSTE.

Il est connu que les dyssymétries de capacités partielles entre conducteurs d'une quarte d'un câble téléphonique peuvent être compensées ou bien par un croisement de conducteurs téléphoniques ou bien par l'insertion de condensateurs spéciaux convenablement dimensionnés.

Le procédé d'équilibrage par croisement des conducteurs présente l'inconvénient suivant : en reliant entre eux les longueurs de câble on ne peut connecter l'un avec l'autre que des groupes combinables tels que leurs couplages soient mutuellement compensés. Par conséquent, il n'est pas possible de relier aux points d'épissures les groupes combinables directement tels qu'ils se présentent l'un en face de l'autre. Il en résulte que les connexions aux points d'épissures deviennent très compliquées et donnent facilement lieu, pendant les travaux ultérieurs de réparation, à des erreurs et des défauts. En outre la section compensée doit être subdivisée en longueurs très courtes afin d'augmenter la probabilité que les couplages dans un certain nombre de longueurs soient supprimés aussi complètement que possible par des couplages de signes opposés dans d'autres longueurs du câble. Il faut donc avec ce procédé réaliser plus de points d'épissures qu'avec un procédé qui ne nécessite pas de croisements. Il en résulte un accroissement du temps et du matériel nécessaires pour effectuer ce travail. Il faut ajouter en

1. Traduction d'un article paru dans la revue *Elektrische Nachrichten-Technik*, vol. 10, n° 11, novembre 1933. (Communication du Laboratoire Neumeyer).

outre que, pendant qu'on effectue les croisements, l'avancement des travaux sur la section entière d'équilibrage doit suivre la vitesse de travail des ouvriers les plus lents.

L'équilibrage à l'aide de condensateurs additionnels ne présente pas ces inconvénients mais par contre on doit incorporer en certains points des éléments additionnels qui sont relativement chers et dont les propriétés (capacité, résistance d'isolement) varient suivant les conditions. En outre l'insertion des condensateurs additionnels, entraîne une perte de temps, nécessaire pour effectuer les travaux préparatoires parce qu'il faut d'abord souder aux conducteurs du câble des fils d'amenée relativement longs, auxquels on connecte ensuite les condensateurs additionnels.

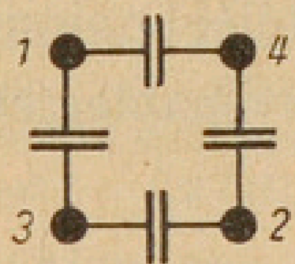


Fig. 1. — Capacités partielles entre les quatre conducteurs d'une quarte.

D'après le nouveau procédé [1], dont les inventeurs sont M. H. Kirchdörfer et l'auteur du présent article, il est possible d'interconnecter directement les divers groupes combinables. On modifie les capacités partielles entre les conducteurs en interposant entre les conducteurs téléphoniques eux-mêmes et la partie extérieure de leur isolant des écrans convenablement construits. On a constaté que, malgré les écrans et les fils de montage additionnels, il n'est pas nécessaire, grâce à une construction convenable, d'augmenter le diamètre du câble.

De tels écrans peuvent être réalisés de préférence en interposant entre le conducteur et son isolement des tubes conducteurs ou semi-conducteurs. Grâce à ces écrans chaque capacité partielle entre deux conducteurs est décomposée en trois « capacités partielles par rapport aux écrans », dont une ou plusieurs, mais le plus souvent la capacité partielle entre deux écrans adjacents, peuvent être court-circuitées (fig. 2). Ceci permet d'augmenter la capacité partielle entre les deux conducteurs correspondants.

Sur la figure 1 on a représenté seulement les 4 capacités par-

---

1. Voir brevet anglais n° 381.788 ; brevet français n° 731.170 ; brevet autrichien n° 133.823 ; brevet américain n° 1.924.840.

tielles qui sont les plus importantes du point de vue de la diaphonie. On admet que les capacités partielles par rapport à la terre ont un effet négligeable sur la diaphonie. En réalité cela n'est pas vrai, mais on sait qu'on peut incorporer les capacités partielles par rapport à la terre dans les capacités partielles représentées sur la figure 1 [1].

Sur la figure 2 les cercles « a » représentent les sections des 4 cylindres conducteurs ou semi-conducteurs, au milieu desquels se trouvent les conducteurs téléphoniques 1, 2, 3 et 4. Chaque capacité partielle, par exemple entre le conducteur 1 et le conducteur teur 4, que nous désignons par C_{14} sera décomposée par le cylindre conducteur ou semi-conducteur *a* en trois capacités partielles par rapport aux écrans ; à savoir :

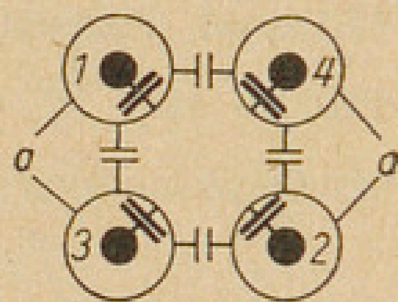


Fig. 2. — Décomposition, par des écrans tubulaires, des capacités partielles entre les conducteurs en capacités partielles entre conducteur et écran, et entre les écrans.

1. La capacité partielle entre le conducteur téléphonique 1 et le cylindre *a* qui l'entoure.
2. La capacité partielle entre le cylindre qui entoure le conducteur téléphonique 1 et le cylindre qui entoure le conducteur 4.
3. La capacité partielle entre ce dernier cylindre et le conducteur téléphonique 4.

La présence des enveloppes conductrices ou semi-conductrices « a » ne modifie pas la capacité partielle entre les conducteurs 1 et 4. C'est seulement en court-circuitant une des trois capacités partielles par rapport aux écrans, ci-dessus énumérées, qu'on augmente C_{14}. Si l'on court-circuitait la capacité partielle entre le conducteur 1 et le cylindre *a* qui l'entoure, on modifierait non seulement C_{14} mais aussi la capacité partielle entre conducteurs C_{13}. Or, il est désirable de pouvoir régler indépendamment l'une de l'autre les capacités partielles entre les conducteurs. Ceci est directement possible en court-circuitant la capacité partielle *a* entre deux écrans représentée sur la figure 2.

Les dyssymétries des capacités partielles entre les conducteurs d'une quarte ne sont pas grandes dans les câbles téléphoniques

---

1. K. Küpfmüller, *Arch. Elektrot.* 42, p. 160, 1923, 2.

modernes, de sorte qu'il suffit dans la plupart des cas de mettre sous écran conducteur quelques mètres de chaque conducteur téléphonique d'un câble à l'une et à l'autre de ses extrémités ou à une seule extrémité seulement. Si l'on pouvait, à l'extrémité du câble, déplacer plus ou moins les enveloppes conductrices entourant les conducteurs téléphoniques, on pourrait régler par échelons l'accroissement de la capacité partielle entre les conducteurs, accroissement provoqué par le court-circuit de la capacité partielle entre les enveloppes conductrices correspondantes.

Les écrans peuvent être constitués par plusieurs fils conducteurs isolés l'un de l'autre et tressés dans le sens longitudinal autour du conducteur téléphonique guipé. Le mieux est d'utiliser des tubes

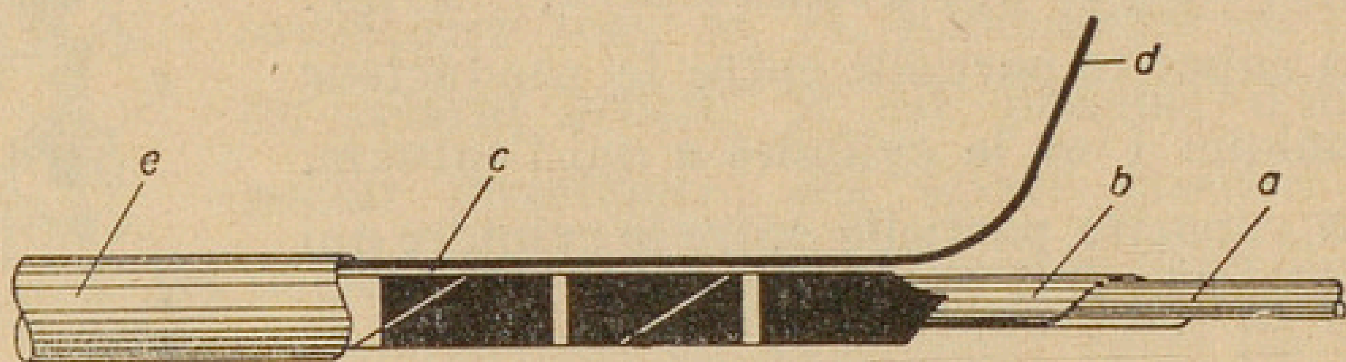


Fig. 3. — Réalisation d'un conducteur d'un câble de contre-couplage dans lequel les fils de contact peuvent être extraits de deux côtés.

conducteurs ou semi-conducteurs, constitués par des bandes métallisées ou recouvertes de graphite. Les tubes entourant les conducteurs téléphoniques câblés en groupes ne peuvent en général être déplacés sans être abîmés que lorsqu'ils sont très courts. Par conséquent, il est recommandable de diviser le tube en anneaux conducteurs séparés les uns des autres par des anneaux isolants. La liaison électrique (conductrice) entre les divers anneaux est assurée par des fils spéciaux (de 0,3 mm de diamètre) qu'on appellera « fils de contact » ou bien par des rubans conducteurs qui touchent un certain nombre d'anneaux. Si l'on veut augmenter la capacité partielle entre deux conducteurs téléphoniques du même groupe ou de groupes différents, on relie entre eux leurs fils de contact. Si on tire les fils de contact à l'extrémité du conducteur on déconnecte l'un après l'autre les anneaux conducteurs de l'écran. Chaque anneau déconnecté produit une faible diminution de 1,6 à 2 $\mu\mu F$

environ, de l'accroissement de la capacité partielle dû à la liaison de deux fils de contact. On a ainsi la possibilité de réaliser des modifications très faibles de la capacité.

D'une manière analogue, on peut augmenter la capacité partielle d'un conducteur téléphonique par rapport à la terre. Il faut alors relier le fil de contact du conducteur correspondant à un corps qui se trouve au potentiel de la terre.

Sur la figure 3 on a donné un exemple de réalisation d'un tel conducteur guipé, *a* désigne l'âme métallique du conducteur, *b* la couche du papier qui l'entoure, *c* des bandes de papier enroulées sur *b* et garnies d'une matière conductrice ou semi-conductrice de sorte qu'après l'enroulement il se forme des anneaux isolants et conducteurs ou semi-conducteurs ; *d* désigne le fil qui assure la liaison électrique entre les anneaux et *e* désigne une couche de

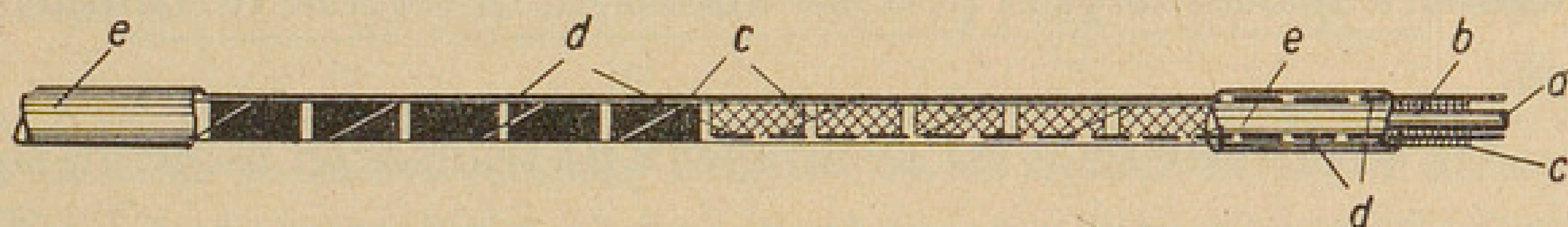


Fig. 4. — Réalisation d'un conducteur d'un câble de contre-couplage dans lequel les fils de contact ne peuvent être extraits que d'un seul côté.

papier supérieure qui porte des repères relatifs au conducteur considéré et qui doit en outre fortement serrer le fil *d* contre les anneaux conducteurs ou semi-conducteurs formés sur le papier *c*. Pour que la quarte constituée par les conducteurs 1, 2, 3 et 4 soit dépourvue de déséquilibre, il faut augmenter une ou plusieurs des 4 capacités partielles situées respectivement entre les conducteurs 1 et 3, 1 et 4, 2 et 3 et 2 et 4. Très souvent on est amené à augmenter les deux capacités entre un conducteur et les deux conducteurs adjacents. Dans ce cas chaque conducteur doit renfermer deux écrans, entre lesquels le couplage par capacité doit être aussi petit que possible, et deux « fils de contact » distincts non reliés entre eux. Il est recommandable de faire sortir les fils de contact aussi loin que possible, pour réduire l'accroissement de capacité effective provoqué par la jonction des écrans.

La figure 4 donne un exemple de réalisation d'un tel conducteur avec deux écrans et deux « fils de contact ». Sur cette figure,

a désigne l'âme métallique du conducteur, *b* une couche de papier autour de ce conducteur, *c* un tube de papier muni des anneaux conducteurs ou semi- conducteurs. Ce tube est construit de telle sorte que les anneaux se trouvent sur une section à l'intérieur de ce tube et sur la section adjacente à l'extérieur. Par conséquent, un fil de contact *d* se trouve entre ce tube et le conducteur, et l'autre fil de contact entre le tube et l'isolement extérieur du conducteur (*e* est la couche supérieure de papier).

L'équilibrage des capacités partielles entre les conducteurs peut être effectué à l'usine sur chaque câble entier ou bien sur une ou plusieurs longueurs d'une section de compensation (1). On peut évidemment encore réaliser l'équilibrage sur chaque section après sa pose. Si l'équilibrage est effectué seulement sur certaines longueurs il faut choisir autant que cela est possible des longueurs situées le plus près du milieu de la section de compensation.

On a constaté qu'il est avantageux de réaliser en usine un équilibrage approximatif sur une longueur de fabrication de la section de pupinisation et ensuite après la pose, de parachever l'équilibrage sur une autre longueur. Dans les sections de câble terrestre, il convient d'utiliser de courtes longueurs du câble (de 8 à 15 mètres environ) qui renferment les conducteurs de compensation décrits ci-dessus, au milieu d'une section de compensation, constituée par des longueurs de câble normales, et de les relier par des manchons de raccordement normaux.

Dans ce cas il suffit d'interposer autour de chaque conducteur guipé un seul écran conducteur ou semi-conducteur et de diviser le fil de contact au milieu du « câble de contre-couplage » en deux parties qu'on peut faire sortir suivant les besoins l'une d'un côté, l'autre de l'autre côté.

Sur la figure 5 on a représenté une quarte d'un tel câble que nous désignerons par « câble de contre-couplage ». Les capacités entre les conducteurs et les écrans ainsi qu'entre les écrans eux-mêmes sont représentées par des condensateurs. Pour ne pas com-

1. Brevet allemand n° 576.317.

pliquer le dessin on a omis une partie des condensateurs entre les écrans qui entourent respectivement les conducteurs 1 et 4.

Si l'on veut par exemple augmenter la capacité partielle entre le conducteur 1 et le conducteur 3 ainsi qu'entre le conducteur 1 et le conducteur 4, on relie à une extrémité du tronçon de compensation le fil de contact du conducteur 1 avec celui du conducteur 3 et à l'autre extrémité le deuxième fil de contact du conducteur 1 avec l'un des deux fils de contact du conducteur 4 (fig. 5).

Dans le cas représenté sur la figure 5 on a augmenté les capacités partielles C_{13} et C_{24} en reliant les fils de contact correspondants

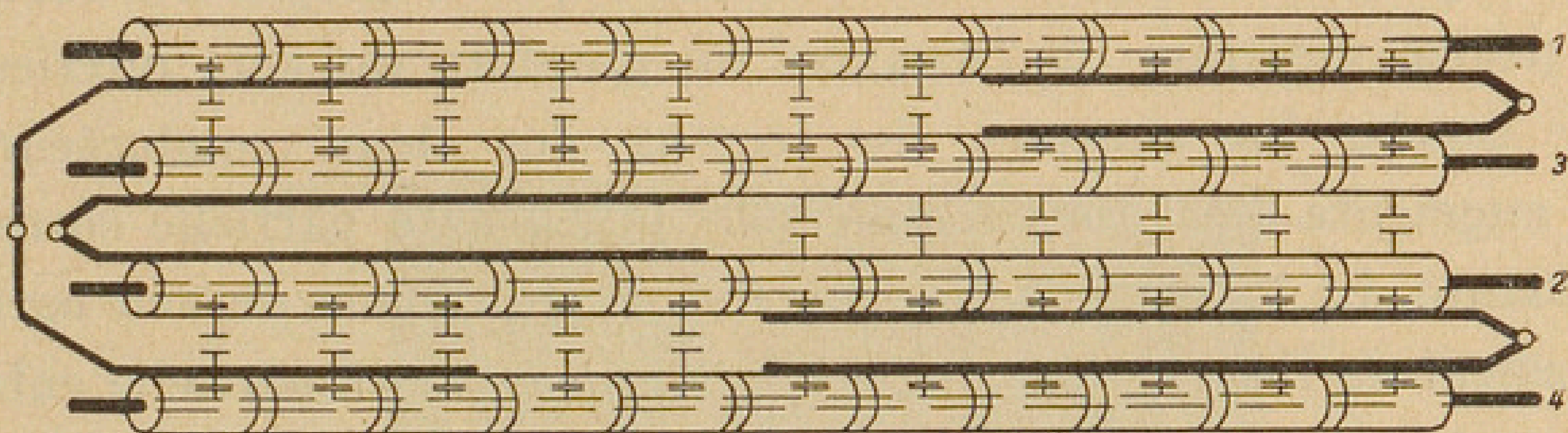


Fig. 5. — Capacités partielles entre conducteur et écran et entre les écrans d'un câble de contre-couplage dont les fils de contact sont mis en court-circuit.

du côté droit, et les capacités partielles C_{14} et C_{23} en reliant les fils de contact correspondants du côté gauche.

Si l'on doit modifier les capacités partielles entre les conducteurs des quartes voisines, on insérera dans la section d'équilibrage un autre tronçon à couplages réglables qui doit contenir assez de groupes combinables et assez de fils de contact pour que leurs différentes liaisons permettent de modifier toutes les capacités partielles en question.

Le procédé suivant d'équilibrage des capacités partielles a donné de bons résultats [1] ; il peut être appliqué seulement avant que le câble soit mis sous l'enveloppe de plomb. On choisit le tronçon de câble de 2 mètres de longueur environ, comme pour la suppression de couplages entre les conducteurs d'une quarte et on tire les fils de contact de deux côtés jusqu'à ce que leurs longueurs, de

1. Ce procédé a été établi par M. K. Sieber.

chaque côté, soient précisément de 2 mètres. On enlève ensuite (à l'intérieur de ce tronçon à couplages réglables, qui ne contient aucun fil de contact) l'isolement extérieur de tous les conducteurs dont la capacité partielle par rapport aux conducteurs d'une quarte voisine doit être augmentée ; de cette manière les écrans formés d'anneaux conducteurs ou semi-conducteurs apparaissent à l'extérieur. Ces anneaux conducteurs ou semi-conducteurs, qui entourent les deux conducteurs (appartenant à des quartes différentes) entre lesquels on doit augmenter la capacité partielle sont réunis électriquement en les entourant tous les deux d'un ruban présentant un côté conducteur, par exemple un ruban de papier métallisé ou recouvert de graphite du côté intérieur qui touche les anneaux des écrans des deux conducteurs. On augmente ainsi considérablement la capacité partielle correspondante. La longueur de l'enroulement additionnel dépend naturellement de l'accroissement cherché de la capacité partielle entre les conducteurs considérés. On obtient un accroissement de 120 $\mu\mu F$ avec un enroulement de 20 cm de longueur. L'expérience a montré que la mise sous enveloppe de plomb du tronçon à couplages réglables ne modifie pas la compensation réalisée.

Comme la pose du câble modifie peu les valeurs des capacités partielles il est recommandable de réaliser la compensation à l'usine sur des longueurs du câble égales au pas de pupinisation, parce que la compensation de la dyssymétrie des capacités partielles entre les conducteurs appartenant à des quartes différentes nécessite un appareillage de mesure et un travail plus important que la compensation de la dyssymétrie entre des conducteurs appartenant à la même quarte. On peut ainsi économiser des sommes importantes sur les frais de transport et d'entretien du personnel, si on réalise après la pose seulement la compensation des dyssymétries à l'intérieur des quartes.

Les bandes de papier, garnies par une matière conductrice ou semi-conductrice, nécessaires pour la construction du câble de contre-couplage, sont obtenues en collant sur un rouleau de papier dans le sens de sa largeur des lamelles métalliques très minces c (fig. 6) ou bien en emboutissant à l'aide d'un gabarit dans le rouleau

du papier des lamelles en graphite ou en charbon. On découpe ensuite le rouleau en bandes à l'aide d'une machine à découper le papier. Le revêtement métallique peut encore être réalisé par projection, ce qui s'effectue ou bien sur un rouleau de papier non découpé ou bien sur le conducteur guipé dans la machine à guiper.

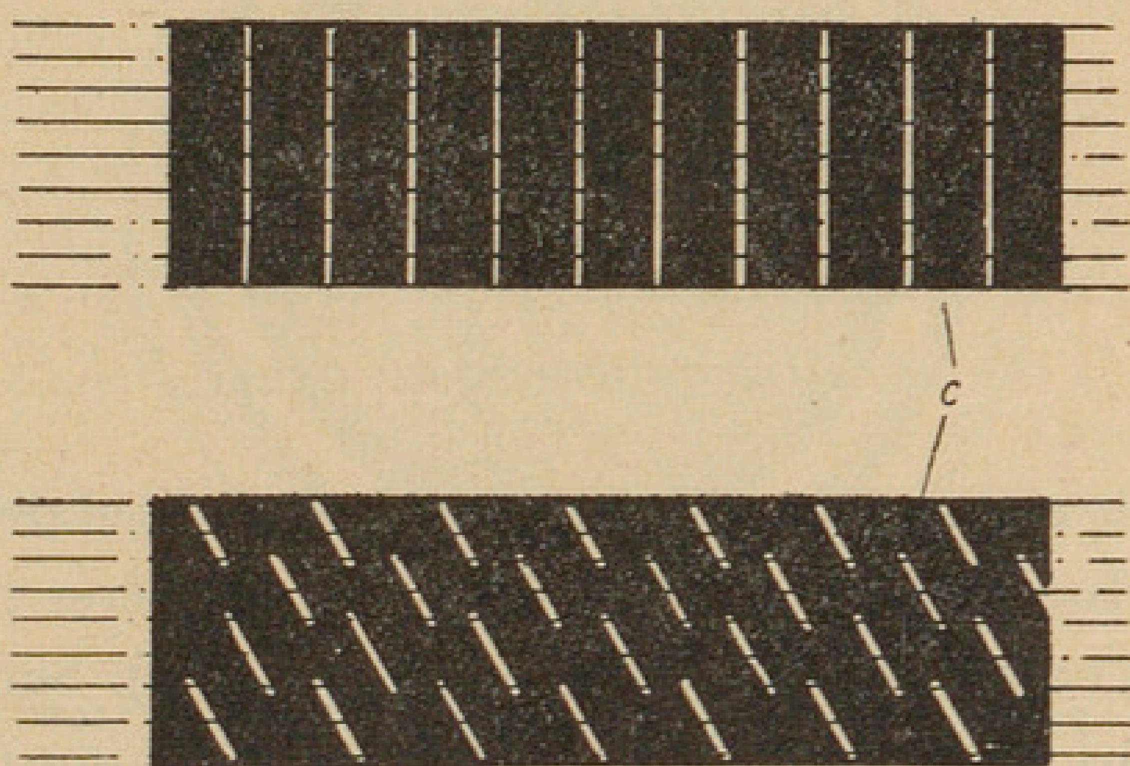


Fig. 6 (en haut). — Bande de papier avec des lames conductrices ou semi-conductrices transversales *c*.

Fig. 7 (en bas). — Bande de papier revêtu d'une matière conductrice dans laquelle sont découpés des trous en biais grâce auxquels il se forme des lames métalliques en biais *c* isolées entre elles.

Le procédé de réalisation suivant a donné aussi de bons résultats : on découpe dans une feuille métallique des trous en chicane et on la couvre d'un revêtement en matière non conductrice. Avec une machine à découper on découpe ensuite la largeur entière du rouleau et l'on obtient ainsi des rubans constitués par une matière isolante comportant en biais des lamelles métalliques très minces *c* (fig. 7).

EXPÉRIENCES EFFECTUÉES SUR UN CABLE RÉGIONAL COMPENSÉ PAR LE PROCÉDÉ DU CABLE DE CONTRE-COUPLAGE [1]

par K. SIEBER.

I. Construction du cable.

Le câble régional en question a une longueur totale de 12,8 km ; il est constitué par 7 sections de pupinisation entières et deux demi-sections à l'entrée et à la sortie du câble (fig. 1). Sur la longueur Buchloe-Türkheim (8 km), le câble contient 88 paires (fig. 2) et sur

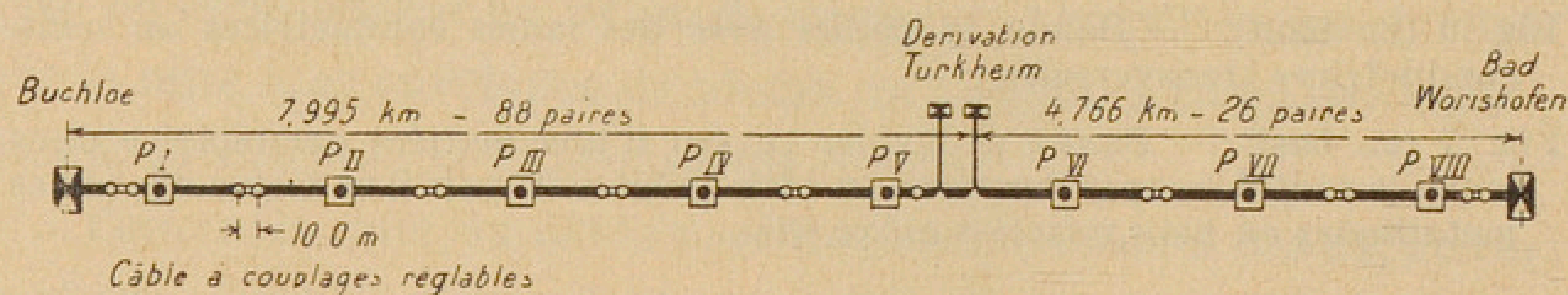


Fig. 1. — Plan du câble.

la longueur Türkheim-Bad Wörishofen 26 paires (fig. 3). Les paires de la quarte centrale (sous plomb) ont une charge légère (30 mH), toutes les autres paires ont une charge mi-forte (140 mH). La compensation du câble au point de vue de la diaphonie fut effectuée d'après le nouveau procédé mis au point par la société « Kabel- und Metallwerke Neumeyer ».

II. Principes de la réduction de la diaphonie.

Par opposition aux procédés connus de réduction de la diaphonie, on a renoncé dans ce câble à compenser tous les couplages

---

1. Traduction d'un article paru dans la revue *Elektrische Nachrichten-Technik*, vol. 10, nº 11, novembre 1933. (Communication du Laboratoire Neumeyer).

entre les quartes ou entre les paires voisines. Grâce à une méthode de construction mise récemment au point (1), tous les couplages de diaphonie entre les circuits de ce câble sont beaucoup réduits.

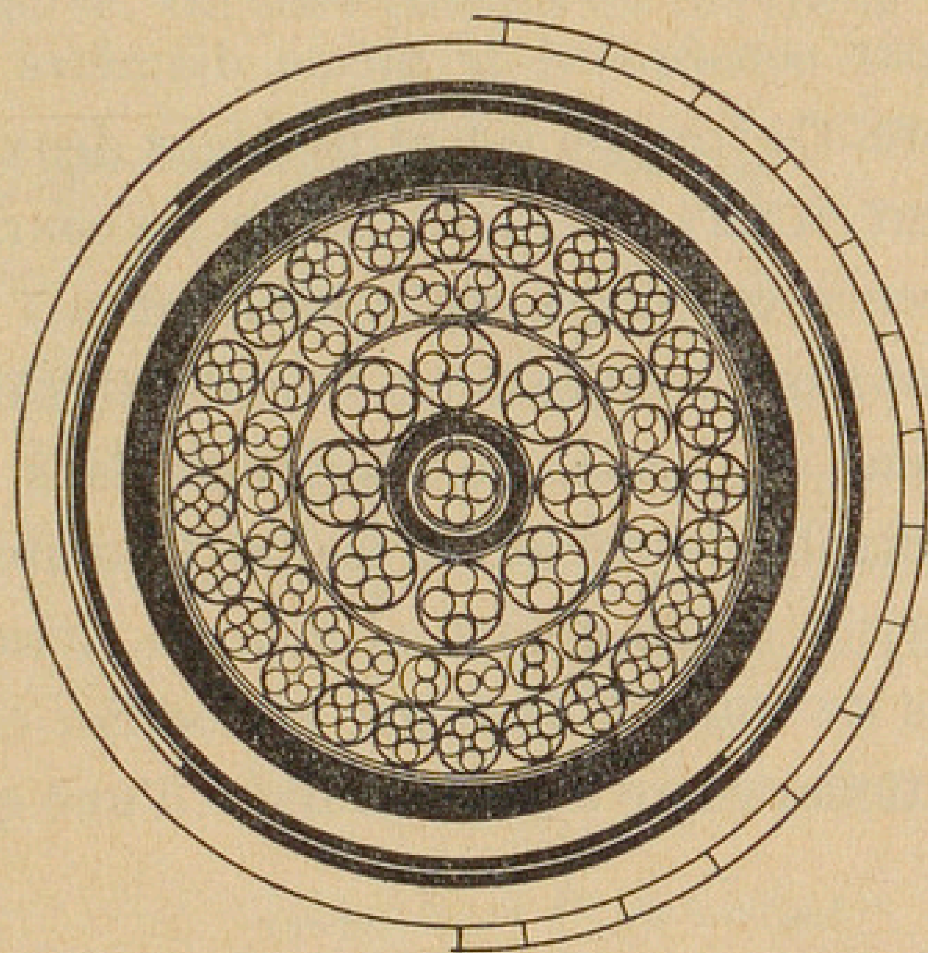


Fig. 2. — Section du câble principal à 88 paires.

Ce procédé permet, comme on le montrera dans la suite, d'égaliser les valeurs de diaphonie, qui peuvent exceptionnellement dépasser de beaucoup les valeurs prescrites, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des quartes voisines.

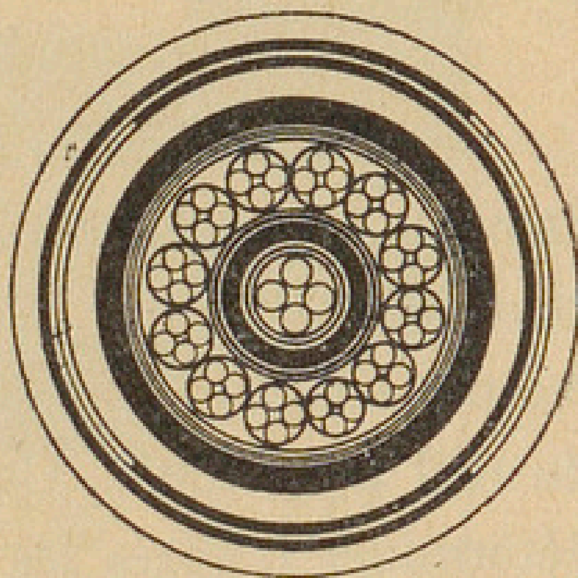


Fig. 3. — Section du câble à 26 paires.

Dans de tels câbles il ne peut apparaître dans une quarte que de la diaphonie entre réel et réel et de la diaphonie entre réel et fantôme, mais non de la diaphonie entre quartes voisines. La diaphonie entre réel et réel et entre réel et fantôme est alors supprimée par une autre méthode récemment établie (2) qu'on appelle méthode du câble de contre-couplage.

---

1. Choix des pas de câblage, brevet allemand, brevet anglais n° 381.788, brevet français n° 728.841, brevet autrichien n° 132.653.

2. Voir *E.N.T.* vol. 10, n° 11, ou dans le présent fascicule des *Annales des P.T.T.*, l'article de M. Droste. Voir également brevet allemand, brevet anglais n° 373.087, brevet français n° 731.170, brevet autrichien n° 133.823.

Dans la méthode du câble de contre-couplage on insère au milieu de chaque section de pupinisation un tronçon de 5 à 10 m de longueur, à couplages réglables. Ce tronçon à couplages réglables contient le même nombre et le même genre de circuits que le câble principal, il a par conséquent le même diamètre et en principe la même structure. Ce tronçon est utilisé dans deux buts :

Premièrement, il sert pour faire passer les courants de conversation. Le tronçon à couplages réglables n'est pas un supplément au câble principal mais il est inséré à la suite du câble principal.

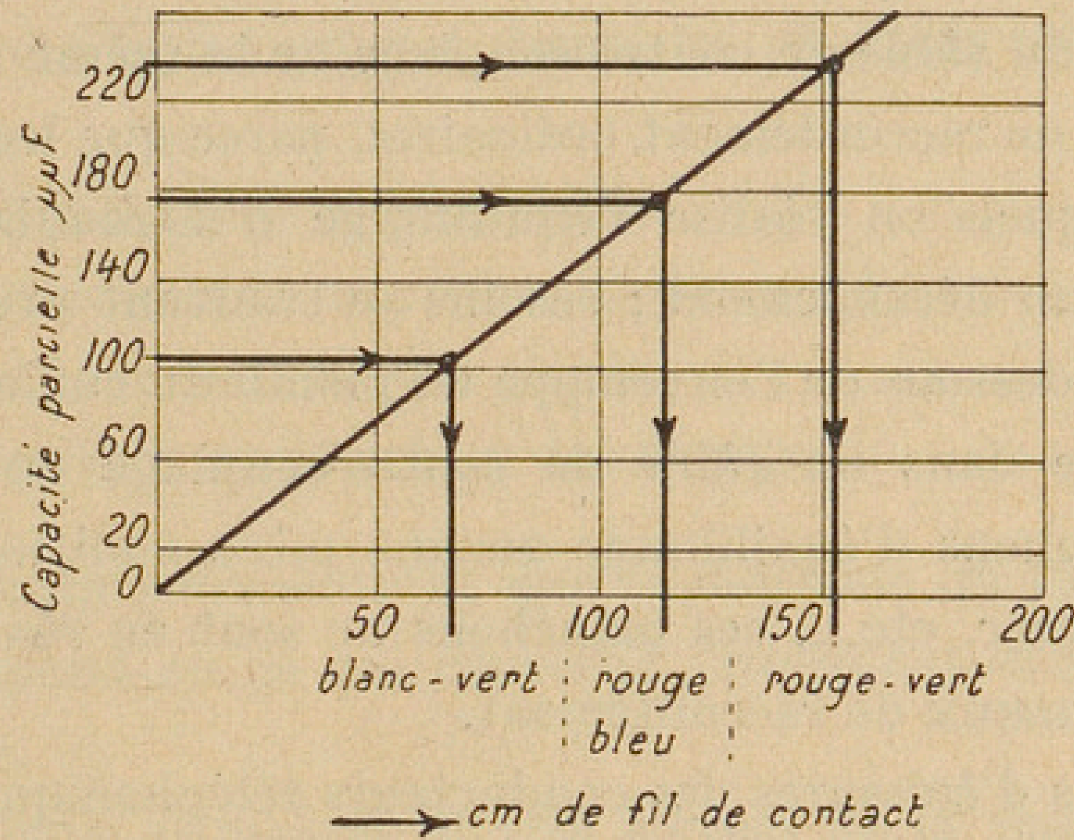
Deuxièmement, il permet de supprimer dans une section de pupinisation la diaphonie de réel à réel et la diaphonie de réel à fantôme à l'intérieur d'une quarte et cela en tirant et en reliant entre eux les fils de contact de façon à modifier convenablement les capacités partielles entre les conducteurs d'une quarte.

III. Pose, montage et équilibrage du cable.

Les tronçons à couplages réglables insérés au milieu de chaque section de pupinisation ont 10 m de longueur. Ils sont protégés sur toute leur longueur par une armure en fer ainsi que par des fers profilés.

1. Réalisation pratique de l'équilibrage à l'aide d'un tronçon de câble à couplages réglables. — On fait aux deux extrémités de chaque quarte des épissures comme dans un câble normal. On mesure ensuite dans cette quarte le déséquilibre de réel à réel et de réel à fantôme. Un tableau simple (voir figure 4) permet de déterminer d'après les résultats de mesure quelles sont les capacités partielles qu'il faut diminuer pour supprimer la diaphonie, et de combien on doit les diminuer. Un graphique donne de combien on doit extraire les fils de contact pour obtenir la diminution voulue des capacités partielles. Les longueurs ainsi déterminées de fils de contact sont extraites et coupées aux deux extrémités simultanément. On mesure alors de nouveau les couplages entre les circuits de la quarte. S'il reste encore un couplage résiduel supérieur à 10 $\mu\mu$F, on le supprime en tirant un peu pour la deuxième

fois les fils de contact correspondants. Ensuite on relie les fils de contact entre eux, on les soude et on les isole par des manchons de papier numérotés. On mesure encore une fois les couplages à l'intérieur de la quarte. On met ensuite en œuvre la quarte suivante



Couplage		Fils de contact des conducteurs			
		blanc-vert	blanc-bleu	rouge-vert	rouge-bleu
K_1	+ 44	22			22
	−		—	—	
K_2	+	—	—		
	− 310			155	155
K_3	+ 162	81		81	
	−		—		—
capacité partielle doit être diminué de		103	—	236	177
fils de contact doivent être tirés de: cm		66		152	116

Fig. 4. — Courbe et tableau servant pour l'équilibrage.

sur laquelle les épissures ont été déjà effectuées pendant qu'on mesurait la première quarte.

Les manchons de raccordement et d'équilibrage sont construits essentiellement de la même manière et ont les mêmes dimensions que les manchons de raccordement ordinaires. La seule différence

est qu'à l'extrémité du manchon se trouve l'endroit où les fils de contact sont reliés entre eux et isolés l'un par rapport à l'autre par des tubes en carton.

Dans les questions relatives aux perturbations et à l'élimination des défauts on peut traiter les manchons de raccordement et d'équilibrage du câble de contre-couplage de la même manière que les manchons de raccordement ordinaires, parce que les fils de contact avec lesquels on réalise l'équilibrage n'introduisent dans le manchon aucun dérangement ; ces fils se trouvent presque immédiatement au-dessous de l'enveloppe en plomb du câble. Par conséquent, comme dans un câble de contre-couplage on n'introduit dans les manchons d'équilibrage aucune pièce additionnelle, telle que condensateur, etc..., ces manchons ne sont en réalité que des manchons normaux de raccordement.

Les points d'épissures des conducteurs téléphoniques ainsi que les points de soudure des fils de contact sont à chaque instant facilement accessibles. Les manchons peuvent être déconnectés et connectés de nouveau, sans nuire à l'équilibrage, à condition de ne pas permuter les conducteurs pendant qu'on effectue de nouveau les épissures.

2. Avantages économiques du câble de contre-couplage. — Pour apprécier la nouvelle méthode de construction de câble il ne suffit pas de connaître dans quelle mesure on peut l'appliquer au point de vue technique il faut encore tenir compte des conditions économiques. Les avantages économiques de la méthode du câble de contre-couplage par comparaison avec la méthode usuelle d'équilibrage au moyen des capacités additionnelles sont :

1. Diminution des frais de matériel.
2. Diminution du temps nécessaire pour le montage.

La compensation des dyssymétries par le procédé du câble de contre-couplage n'entraîne que des frais relativement faibles et en tout cas plus faibles que ceux nécessaires pour un équilibrage par condensateurs, par exemple, donnant le même résultat. Les travaux de montage sont avec le procédé du câble de contre-couplage moindres qu'avec l'équilibrage par des condensateurs.

IV. Résultats de mesures effectuées a la réception du cable.

1. Résultats des mesures en courant continu. — Les mesures de résistance d'isolement ont donné les résultats suivants :

	MΩ / km
Résistance d'isolement la plus faible..................	94.200
Résistance d'isolement moyenne, supérieure à..........	100.000
Résistance d'isolement la plus élevée..................	188.000
Limite prescrite dans le cahier des charges............	10.000

Ces résultats démontrent que la méthode du câble de contre-couplage répond en ce qui concerne l'isolement aux exigences les plus sévères.

Les valeurs régulières et très élevées de la résistance d'isolement dépassent de beaucoup la valeur nécessaire pour que le fonctionnement soit sûr et permettent de déterminer et de supprimer les défauts et les irrégularités éventuels ultérieurs, avant qu'une perturbation importante apparaisse dans le service téléphonique.

2. Résultats de mesures de la diaphonie.

a) *Paradiaphonie et télédiaphonie entre circuit réel et circuit réel d'une même quarte.* — Les déséquilibres de capacité entre les conducteurs d'une quarte d'un câble, qui provoquent la diaphonie entre réel et réel ont été diminués par la méthode du câble de contre-couplage jusqu'à la valeur de 10 $\mu\mu$F, tandis qu'on n'a pas équilibré les dyssymétries des capacités partielles entre les bobines Pupin.

Les valeurs obtenues pour l'affaiblissement télédiaphonique et paradiaphonique sont données sur les figures 5 et 6 sous forme de courbes statistiques. La plus faible valeur d'affaiblissement paradiaphonique est 9,9 népers, la plus petite valeur d'affaiblissement télédiaphonique est 10 népers. Les limites prescrites sont 9,0 népers pour 90 % et 8,5 népers pour 10 % du nombre total des circuits de conversation. Par conséquent les valeurs atteintes pour l'affaiblissement télé et paradiaphonique au moyen

du câble de contre-couplage sont de beaucoup supérieures aux valeurs prescrites dans le cahier des charges.

b) *Paradiaphonie et télédiaphonie entre circuit réel et circuit fantôme de la même quarte.* — Pour montrer dans quelle mesure le

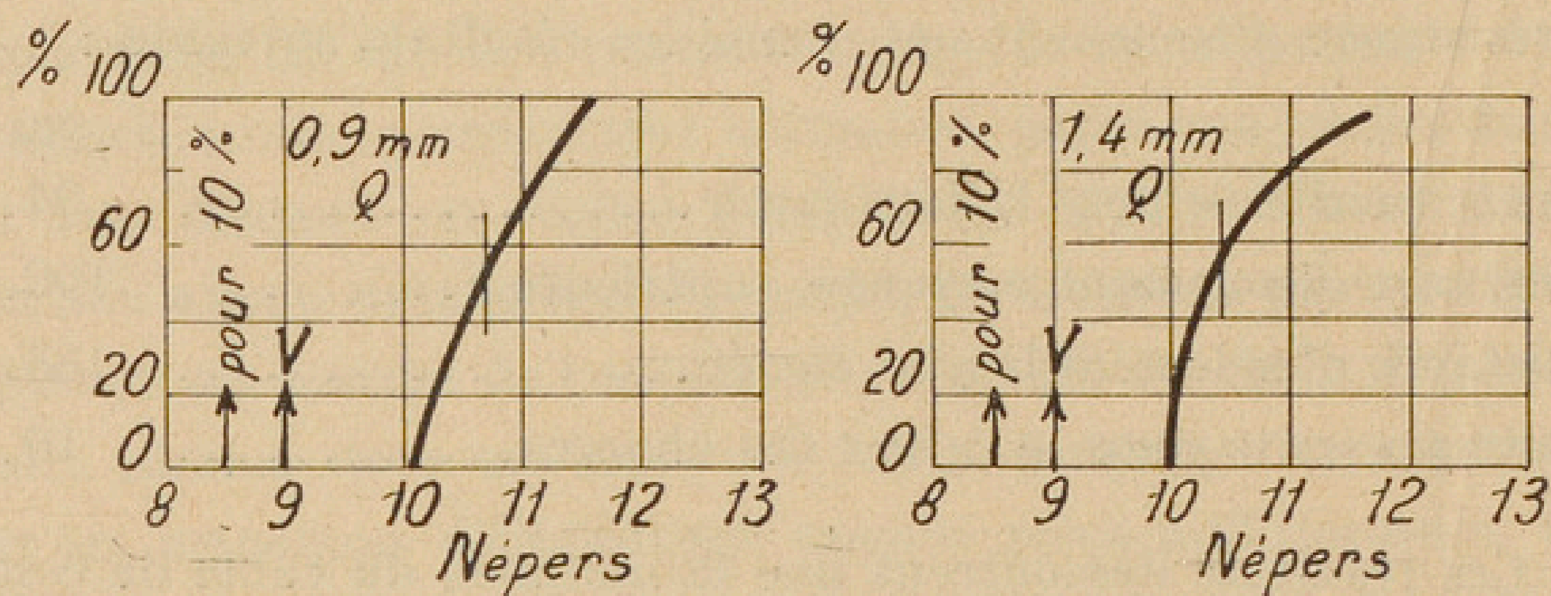


Fig. 5. — Courbe statistique de l'affaiblissement paradiaphonique de réel à réel b_1.
V = Valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = Quarte câblée en étoile, charge mi-forte.

procédé du câble de contre-couplage s'applique aux installations où on utilise le circuit fantôme, on a compensé aussi la diaphonie entre réel et fantôme, en réglant les valeurs de capacités partielles correspondantes. En tenant compte de ce que, dans le câble en ques-

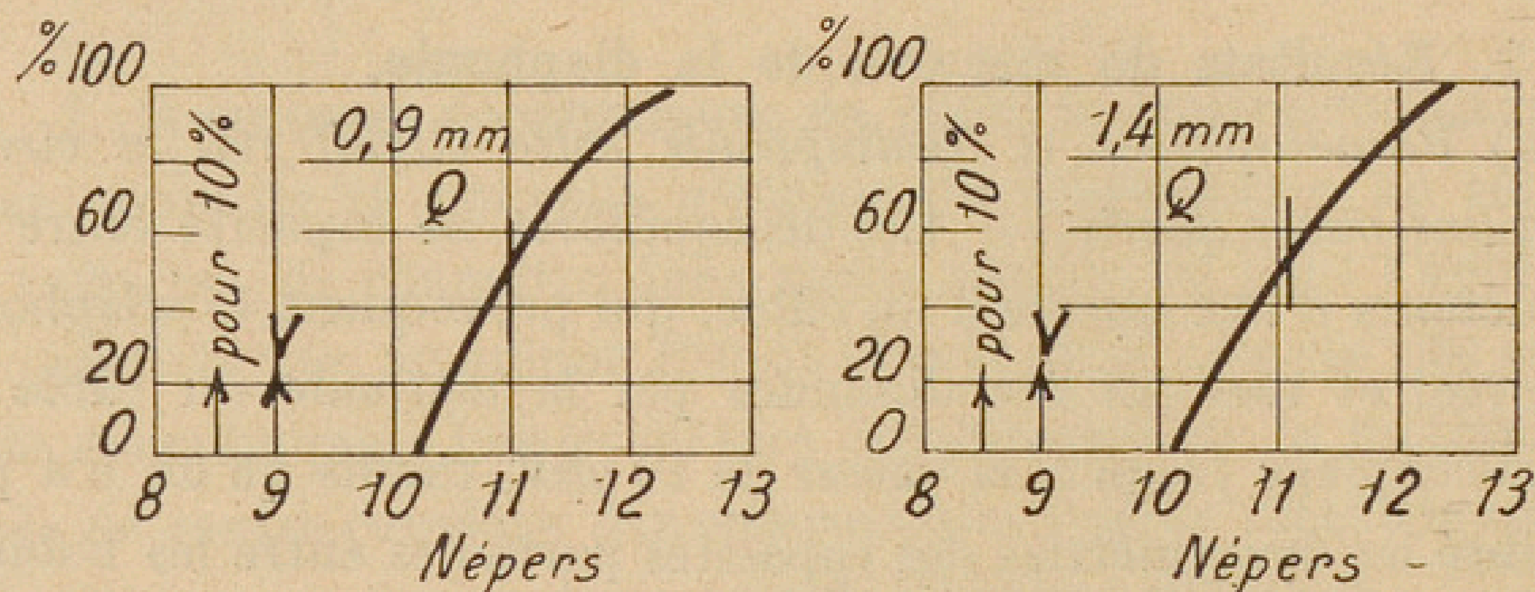


Fig. 6. — Courbe statistique de l'affaiblissement télédiaphonique de réel à fantôme b_{g_1}.
V = Valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = Quarte câblée en étoile, charge mi-forte.

tion, qui ne contient que des quartes en étoile et des paires, les circuits fantômes ne sont pas utilisés, on a renoncé à compenser les dyssymétries de résistances qui produisent la diaphonie entre réel et fantôme. Comme en outre les valeurs d'affaiblissement diaphonique entre réel et fantôme dues aux bobines Pupin utilisées étaient

plus petites que celles relatives aux bobines qu'on insère dans les câbles où les circuits fantômes sont utilisés, il est évident que les valeurs atteintes pour le câble en question sont plus faibles que

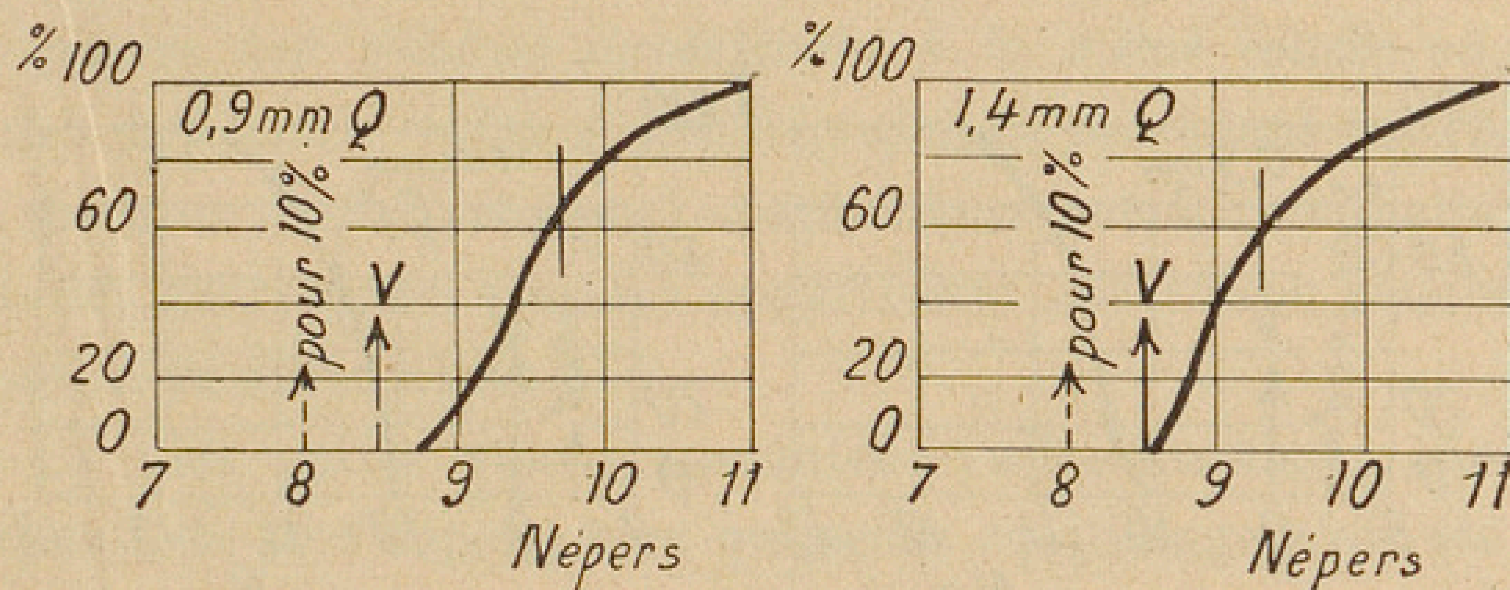


Fig. 7. — Courbe statistique de l'affaiblissement paradiaphonique de réel à fantôme $b_{2,3}$.

V = valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = quarte câblée en étoile ; circuits réels à charge mi-forte, circuit fantôme non chargé.

celles qu'on peut réaliser en général par le procédé du câble de contre-couplage. Par conséquent on ne peut pas les comparer directement avec des valeurs d'affaiblissement diaphonique entre réel et fantôme réalisées dans les câbles Dieselhorst-Martin. Les

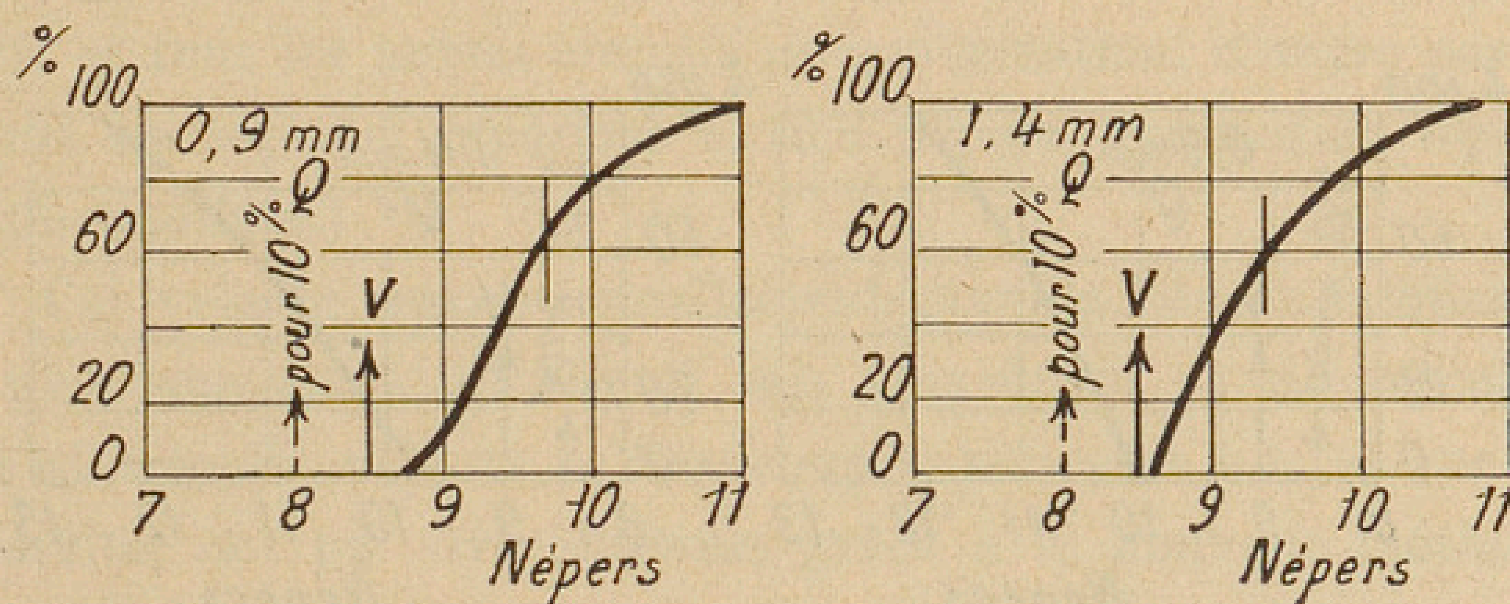


Fig. 8. — Courbe statistique de l'affaiblissement télédiaphonique de réel à fantôme $b_{g_{2,3}}$.

V = valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = quarte câblée en étoile ; circuits réels à charge mi-forte, circuit fantôme non chargé.

figures 7 et 8 donnent les courbes statistiques des affaiblissements para et télédiaphoniques entre réel et fantôme.

c) *Paradiaphonie et télédiaphonie entre les circuits compris dans les quartes voisines.* — Grâce au nouveau procédé de construction de câbles (pas de câblage adaptés) les valeurs de couplage

entre les circuits de conversation situés dans les quartes voisines sont négligeables. Les courbes statistiques des figures 9 et 10 donnent les valeurs de l'affaiblissement diaphonique entre les

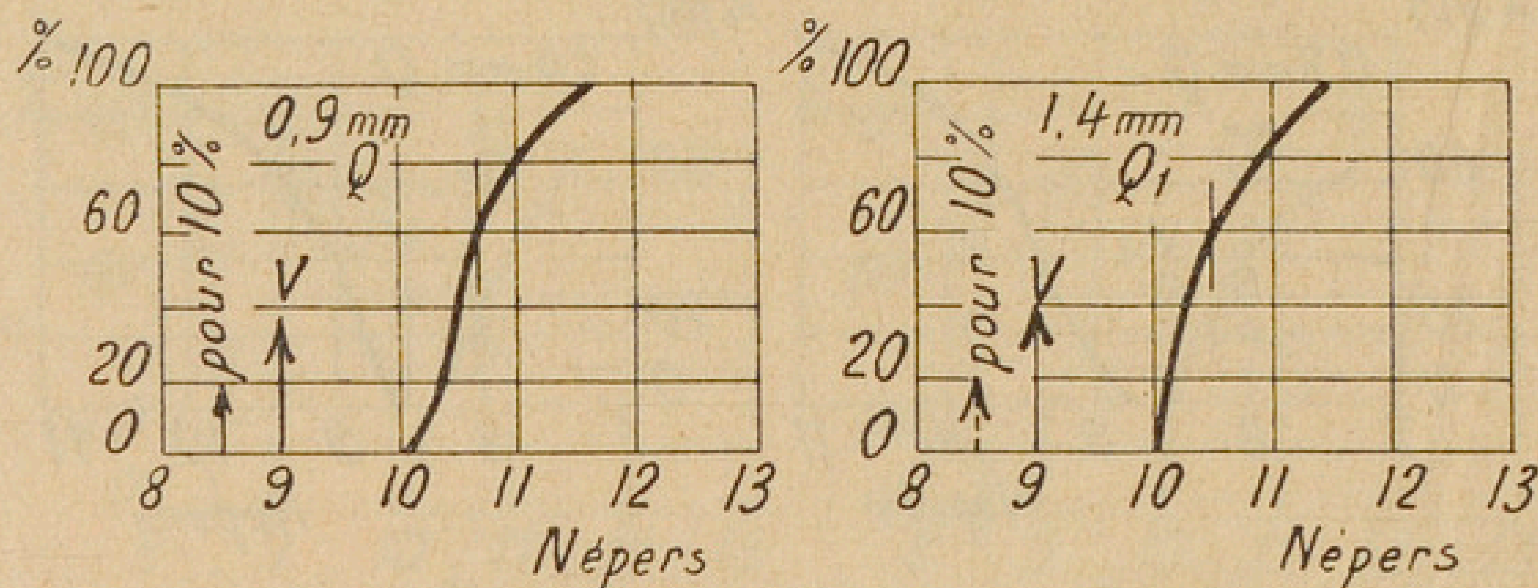


Fig. 9. — Courbe statistique de l'affaiblissement paradiaphonique b_9 .... b_{12} entre les circuits situés dans des quartes voisines.

V = valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = quarte câblée en étoile ; paires 0,9 mm. + quarte câblée en étoile, charge mi-forte.
Q1 = quarte câblée en étoile ; 1,4 mm. ; charge mi-forte.

circuits réels situés dans des quartes voisines obtenues directement sans qu'on ait procédé à un équilibrage quelconque.

Comme il résulte de ces courbes, les valeurs obtenues dépassent

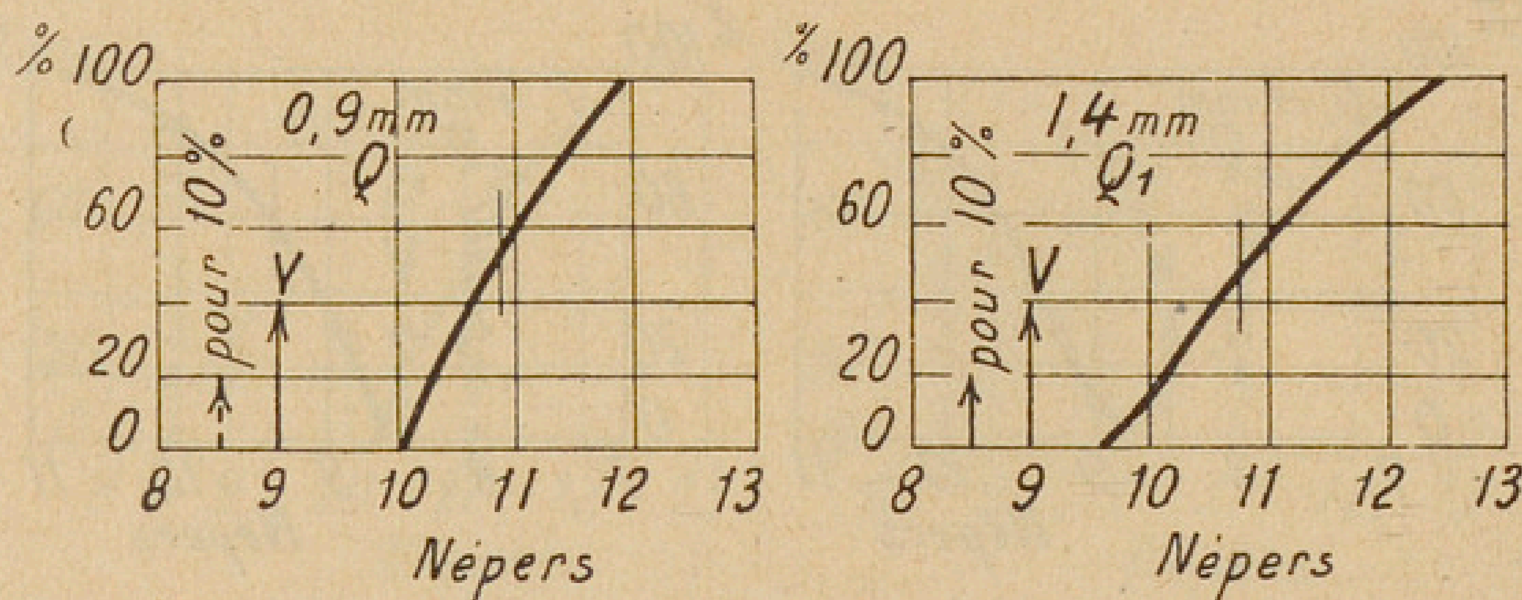


Fig. 10. — Courbe statistique de l'affaiblissement télédiaphonique b_{g9} .... b_{g12} entre les circuits situés dans des quartes voisines.

V = valeur limite imposée par le cahier des charges.
Q = quarte câblée en étoile ; paires 0,9 mm. + quarte câblée en étoile, charge mi-forte.
Q1 = quarte câblée en étoile ; 1,4 mm. ; charge mi-forte.

dans tous les cas de beaucoup les limites prescrites dans le cahier des charges (9,0 au lieu de 8,5 népers). Les valeurs d'affaiblissement paradiaphonique et télédiaphonique b_4 jusqu'à b_8 et b_{g4} jusqu'à b_{g8} entre les circuits fantômes situés dans des quartes voisines

sont encore plus grandes que celles relatives aux circuits réels. C'est pourquoi on n'a pas reproduit les courbes statistiques correspondant à ces valeurs.

d) *Affaiblissements diaphoniques entre des circuits situés dans des quartes non voisines appartenant à la même couche ou à des couches différentes.* — On a effectué aussi, en procédant par épreuve, des mesures d'affaiblissement diaphonique entre les circuits situés dans des quartes non voisines appartenant à la même couche ou à des couches différentes.

La plus petite valeur constatée d'affaiblissement diaphonique était de 10,4 népers, bien qu'aucun équilibrage n'ait été effectué. Par conséquent, grâce au choix des pas de câblage adoptés, on peut éviter d'avance les couplages entre les circuits de conversation situés dans des couches différentes, ces couplages pouvant prendre facilement dans des câbles à quartes câblées en étoile des valeurs très élevées.

e) *Affaiblissements diaphoniques entre des circuits mis sous écran d'une part et des circuits sans écran d'autre part.* — Toutes les mesures des affaiblissements paradiaphoniques et télédiaphoniques entre l'un ou l'autre des deux circuits mis sous écran, d'une part, et tous les autres circuits de conversation, d'autre part, ont donné un résultat supérieur à 16,3 népers. (Indication limite du diaphonomètre.)

Ces valeurs, exceptionnellement grandes, de l'affaiblissement diaphonique entre un circuit mis sous écran et un circuit non mis sous écran, valeurs de beaucoup supérieures à la valeur limite prescrite, ont pu être obtenues grâce à la nouvelle méthode de construction de câble.

3. Résultats de mesures de dyssymétries par rapport à la terre. — On a effectué des mesures de dyssymétrie, à laquelle est due la force électromotrice psophométrique, sur tous les circuits réels et fantômes. Toutes les valeurs sont de beaucoup inférieures à 0,5 % (indication limite de l'appareil de mesures des dyssymétries). D'autres essais furent effectués sur la plupart des circuits de conversation de la section totale Buchloe-Wörishofen, en utilisant un

montage pour les mesures de dyssymétries par rapport à la terre, établi par la Société Siemens et Halske avec le diaphonomètre 0/16. La plus grande valeur de dyssymétrie constatée pendant ces mesures était de 0,1 %. Par conséquent les valeurs de dyssymétrie atteintes sont de beaucoup inférieures à la valeur prescrite dans le cahier des charges qui est de 1,0 %.

4. **Résultats de mesures d'affaiblissement de régularité et d'impédance caractéristique.** — On a déterminé l'affaiblissement de régularité de tous les circuits de conversation du câble. La

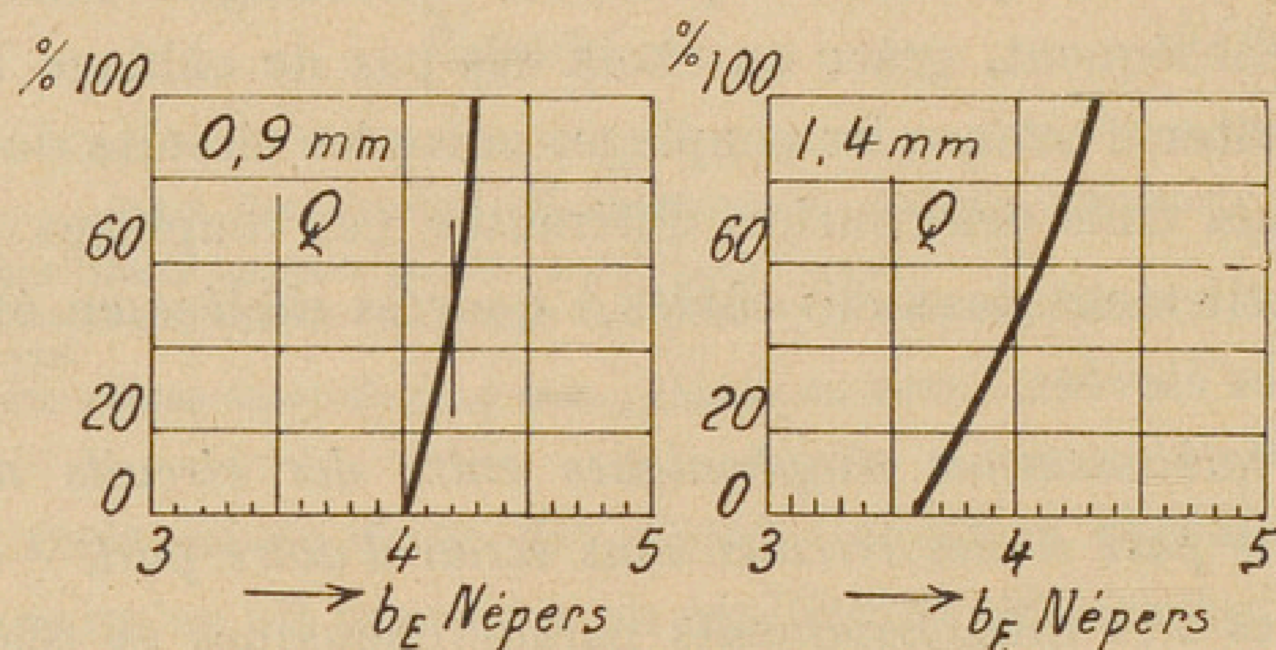


Fig. 11. — Courbe statistique de l'affaiblissement de régularité b_E.
Q = quarte câblée en étoile ; charge mi-forte.

courbe statistique d'affaiblissement de régularité est tracée sur la figure 11.

La courbe donnant la variation de l'impédance d'entrée en fonction de la fréquence du circuit ayant l'affaiblissement de régularité le plus faible est tracée sur la figure 12. L'écart maximum de l'impédance caractéristique est 4,5 % ; cet écart, même pour ce circuit, correspondant aux conditions les plus défavorables, est de beaucoup inférieur à la limite prescrite dans le cahier des charges : 12 % (et 15 % pour 10 % des circuits de conversation).

*
* *

Résumé. — Les mesures effectuées à la réception de ce premier câble, établi suivant la méthode du câble de contre-couplage et posé en Bavière, ont montré que ce câble non seulement satisfait

à tous points de vue aux exigences de la technique moderne des télécommunications, mais permet d'obtenir plus économiquement des résultats supérieurs à ceux relatifs à d'autres câbles.

Les valeurs d'affaiblissement paradiaphonique et télédiaphonique entre réel et réel, sont bien meilleures que celles prévues dans le cahier des charges. De même les affaiblissements paradiaphonique et télédiaphonique entre réel et fantôme satisfont pleinement aux tolérances recommandées dans le cahier des charges, bien qu'il s'agisse d'un câble à quartes câblées en étoile, dans lequel la compensation des déséquilibres de résistances n'était pas réalisée

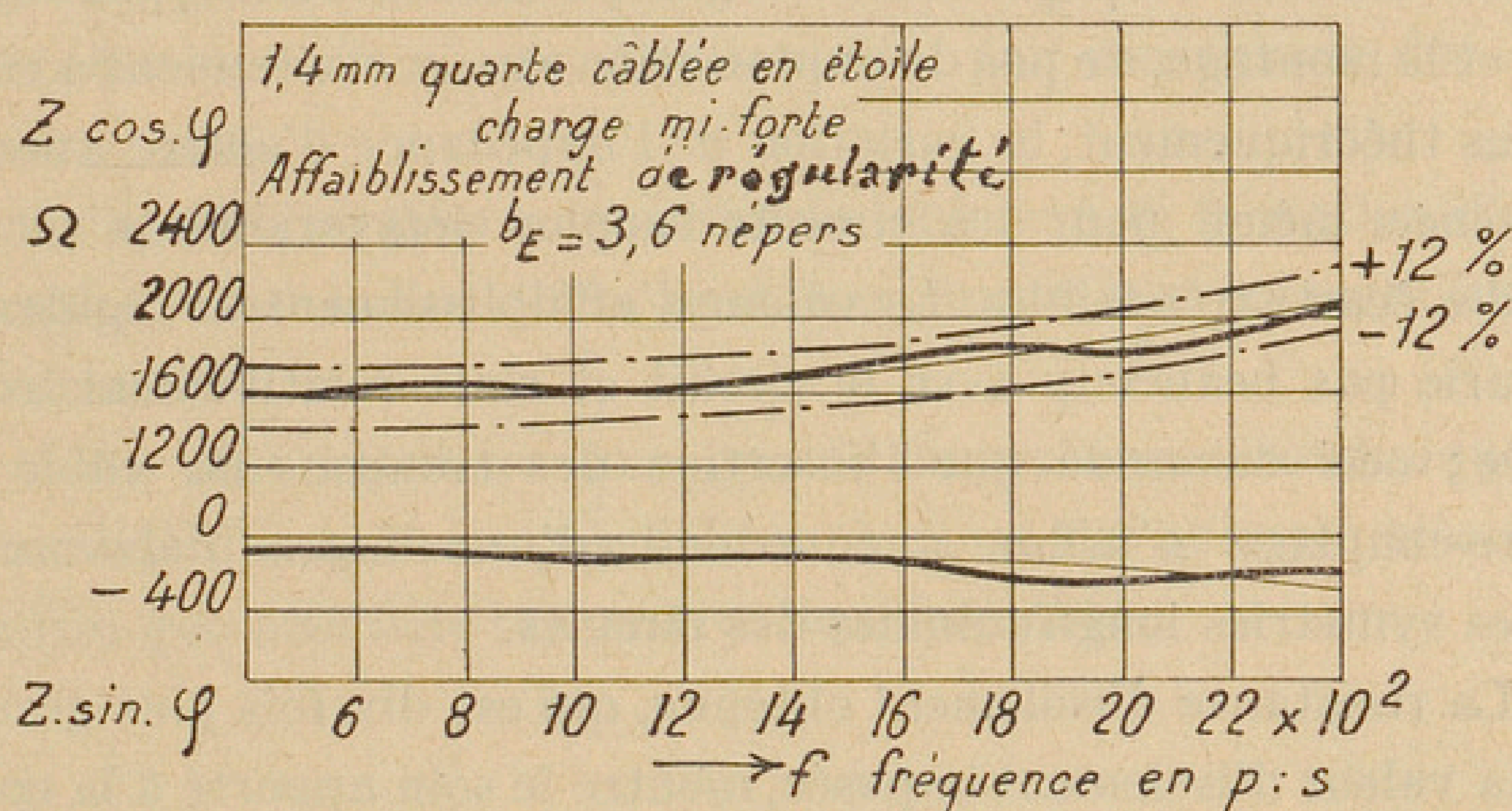


Fig. 12. — Variation de l'impédance d'entrée en fonction de la fréquence, pour le circuit de conversation ayant la valeur d'affaiblissement de régularité la plus faible.

et dont les unités de charge n'étaient pas prévues pour l'exploitation des circuits fantômes.

Grâce à la construction soignée du câble, les déséquilibres de résistances (provoquant la force électromotrice psophométrique) ne sont égales qu'à 1 /10 environ de la valeur admissible.

On a constaté en outre que dans les câbles à quartes en étoile, construits d'après le nouveau procédé (pas de câblage adaptés), il n'est pas nécessaire de compenser les couplages entre des circuits situés dans les quartes voisines. On a réalisé notamment pour la première fois un câble qui possède, sans qu'on ait recours à l'équilibrage, des valeurs d'affaiblissement diaphonique entre circuits de quartes voisines, qui sont toutes sans exception

beaucoup supérieures aux valeurs prescrites, valeurs qui ne peuvent en général être obtenues qu'en équilibrant les capacités partielles entre les quartes voisines.

Les circuits de conversation sous écran sont, grâce à la méthode de construction en question, bien protégés contre les influences perturbatrices des autres circuits de conversation du câble.

Les bruits perturbateurs induits dans les circuits sous écran par des installations à courant fort ne sont que 0,04 % environ.

Grâce au plus grand soin apporté à la construction du câble, grâce au groupement avantageux des longueurs de fabrication en diverses sections de pupinisation et grâce à la réalisation, pendant la pose et le montage, de pas de pupinisation égaux exactement à ceux prévus théoriquement, la variation de l'impédance d'entrée avec la fréquence, même pour les circuits les plus défavorables, n'accuse que des écarts très faibles. La valeur d'affaiblissement de régularité ne varie pas beaucoup avec le circuit et reste relativement assez élevée ; ceci demande que l'insertion des tronçons du câble de contre-couplage n'influe aucunement d'une façon défavorable sur les symétries longitudinales des circuits.

La résistance d'isolement obtenue, qui est dix fois plus grande que la valeur d'isolement imposée, montre le soin apporté à la construction, au montage et à l'équilibrage des diverses sections ainsi qu'à la réalisation des tronçons à couplages réglables.

La réalisation, comme dans le cas du câble en question, de propriétés électriques qui sont supérieures et même beaucoup supérieures à celles exigées dans les cahiers des charges, peut inciter, peut-être, à faire des études dans cette direction afin d'augmenter la sécurité de fonctionnement des réseaux de câbles téléphoniques, et de diminuer leur prix de revient. La possibilité offerte par le nouveau procédé de maintenir à des valeurs tellement faibles toutes les influences perturbatrices, que ce soient des influences réciproques entre les circuits ou des perturbations exercées par les installations d'énergie, ainsi que la haute qualité d'équilibrage obtenue, indique qu'il est possible d'augmenter le gain des répéteurs insérés dans les circuits téléphoniques.

Cette possibilité est particulièrement appréciable pour les

circuits téléphoniques sous écran servant aux relais des émissions radiophoniques, qui doivent être presque parfaitement exempts de toute perturbation et présenter une impédance caractéristique pratiquement constante.

Un accroissement du gain des répéteurs insérés dans les circuits peut intervenir dans la diminution du prix de revient des réseaux téléphoniques de deux manières :

1. Ou bien on peut construire des câbles ayant un affaiblissement plus grand que celui des câbles existants, c'est-à-dire qu'on peut construire des câbles ayant le diamètre des conducteurs, le diamètre extérieur, etc... plus petits, par conséquent des câbles moins chers.

2. Ou bien on peut augmenter la longueur de la section d'amplification, c'est-à-dire qu'on peut économiser les répéteurs intermédiaires.

On doit attribuer une grande importance économique à la première de ces deux possibilités, à cause des sommes très importantes que nécessite la construction des câbles.

THÉORIE DES LAMPES A PLUSIEURS ÉLECTRODES. [1]

I. — Introduction.

Cet article suppose connue la théorie des triodes. Les mêmes définitions et les mêmes équations seront employées, moyennant bien entendu certaines modifications.

Quelques types seulement de lampes à plusieurs électrodes choisis parmi les plus caractéristiques, seront étudiés.

Les lampes à plusieurs électrodes se divisent en 2 classes :

1. Celles dont le rôle est d'accomplir une fonction bien déterminée, dans de meilleures conditions que les triodes.
2. Celles dont le rôle est de remplir simultanément plusieurs fonctions.

Seules les lampes de la première catégorie seront étudiées dans cet article.

II. — Définitions fondamentales et équations.

En général, 2 électrodes seulement sont portées à des potentiels variables : l'une est généralement négative et est reliée au circuit d'entrée ; c'est une électrode de commande ou de contrôle ; l'autre, positive, capte les électrons et est reliée au circuit de sortie.

Le courant de plaque I_p est fonction des tensions des électrodes et on a :

$$I_p = f\,(E_p, E_{g_1}, E_{g_2}, \ldots\ldots E_{g_n}) \qquad (1)$$

en appelant E_p la tension de plaque et E_{g_1}, E_{g_2},... E_{g_n} les potentiels des autres électrodes.

1. (Résumé de la traduction d'un article de H. A. Pidgeon paru dans *Electrical Engineering* de novembre 1934).

On a donc :

$$\mathrm{d}I_p = \frac{\partial I_p}{\partial E_p}\,\mathrm{d}E_p + \frac{\partial I_p}{\partial E_{g_1}}\,\mathrm{d}E_{g_1} + \ldots + \frac{\partial I_p}{\partial E_{g_n}}\,\mathrm{d}E_{g_n} \quad (2)$$

Les coefficients $\frac{\partial I_p}{\partial E_{g_i}}$ ont la dimension d'inverses de résistances, c'est-à-dire de conductances. Nous les désignerons par la lettre S.

$$\mathrm{d}I_p = S_{pp}\,\mathrm{d}E_p + S_{pg_1}\,\mathrm{d}E_{g_1} + \ldots + S_{pg_n}\,\mathrm{d}E_{g_n} \quad (3)$$

La conductance plaque sera la pente de la courbe courant de plaque-tension de plaque (tous les autres éléments restant constants) c'est-à-dire :

$$S_p = \frac{\partial I_p}{\partial E_p} = S_{pp}. \quad (4)$$

La *résistance interne* ρ de la lampe sera donc :

$$\rho = \frac{1}{S} = \frac{1}{\frac{\partial I_p}{\partial E_p}}. \quad (5)$$

On définira de même la conductance grille-plaque par le rapport :

$$\frac{\partial I_p}{\partial E_{g_i}} = S_{pg_i}$$

pour une grille de rang i

En particulier la conductance S_{pg_1} (grille de commande-plaque) est la *pente* S de la lampe au sens usuel du mot. On a donc :

$$S = \frac{\partial I_p}{\partial E_{g_1}}. \quad (7)$$

Le coefficient d'amplification k de la lampe est donné comme dans une triode par le rapport :

$$\frac{\text{pente}}{\text{conductance plaque}} = \frac{\frac{\partial I_p}{\partial E_{g_1}}}{\frac{\partial I_p}{\partial E_p}} = k_{pg_1} \quad (8)$$

Dans le cas où E_{g_1} et E_p varient de telle façon que I_p reste constant, on a :

$$k_{pg_1} = -\left[\frac{\mathrm{d}E_p}{\mathrm{d}E_{g_1}}\right]_{I_p = C^t} = k \quad (9)$$

Des équations (5), (7) et (8), on tire la relation suivante :

$$S = \frac{k}{\rho}. \tag{10}$$

Remarque : Le courant Ig_i dans une électrode i quelconque s'obtient par des équations analogues à (1) et (2).

***

Désignons par : I_p le courant de plaque
E_p le potentiel de la plaque
E_g le potentiel de la grille de commande
S la pente (au sens ordinaire du mot)
k le coefficient d'amplification
ρ la résistance interne

$$\left(\rho = \frac{1}{S_p}\right).$$

Si R est la résistance insérée dans le circuit de plaque, si tous les potentiels autres que E_p et E_g sont constants, l'équation (1) devient :

$$\left.\begin{aligned} dI_p &= S_p\, dE_p + S\, dE_g \\ dI_p &= \frac{1}{\rho}\, dE_p + \frac{k}{\rho}\, dE_g \end{aligned}\right\}. \tag{11}$$

Or le potentiel E_p résulte de la variation du courant I_p dans la résistance R. On a donc :

$$dE_p = -\, dI_p R, \tag{12}$$

et il reste une seule variable indépendante : E_g.

L'équation (11) devient alors :

$$dI_p = \frac{k}{R + \rho}\, dE_g. \tag{13}$$

Dans les lampes à caractéristiques courbes, ceci n'est vrai que pour des variations infiniment petites de I_p et E_g. De toute façon, on peut représenter le courant de sortie par une série de termes finis de la forme :

$$i_p = \frac{k\, e_g}{\rho + R} \tag{14}$$

où e_g et i_p représentent de petites variations finies de I_p et E_g.

Si on représente par e_p la tension variable aux bornes de la résistance R, le facteur d'amplification en volts est donné par :

$$A_V = \frac{e_p}{e_g} = \frac{i_p \cdot R}{e_g} = \frac{R}{\rho + R} \cdot k \quad (15)$$

$$= \frac{\rho R}{\rho + R} \cdot S \quad (16)$$

Tout ceci nécessite une tension constante sur les autres électrodes. C'est, en fait, réalisé car l'impédance des circuits de ces électrodes est très faible pour le courant alternatif. Pour cela les électrodes sont réunies à la terre par des capacités convenables. On trouve donc la même expression que pour les triodes. Ceci provient du fait que ces quantités sont exprimées en termes différentiels qui ne font intervenir que la *pente* des caractéristiques et non leur *forme*. En réalité il y a de grosses différences dans la forme des caractéristiques, et cela influe sur la grandeur des paramètres électriques et surtout sur la *distorsion*.

Pour bien comprendre ce qui se passe dans les lampes à plusieurs grilles, il faut rappeler qu'autour de la cathode, et en général localisé très près de cette cathode, règne un champ négatif dû aux charges spatiales. D'autre part un champ positif est créé par les différentes électrodes portées à des potentiels positifs. Le courant total émis par la cathode dépend presque uniquement du rapport de ces deux champs.

III. — Tétrode a grille-écran

Le but cherché dans cette lampe est de réduire la capacité grille-plaque. On insère pour cela entre la grille et la plaque un écran électrostatique porté à un potentiel constant (fig. 1). Cet écran est réalisé par une grille à mailles fines de façon à laisser passer les électrons. La plaque est parfois complètement entourée par cet écran (fig. 1).

Les figures 2 et 3 donnent les réseaux de caractéristiques d'une lampe à grille-écran.

La capacité grille-plaque étant faible, la capacité filament-plaque sera encore plus faible puisqu'un écran supplémentaire est

interposé : la grille de commande. Le champ produit par la plaque au voisinage du filament sera donc très faible. Il en résulte que le courant total (qui dépend de ce champ) sera indépendant de la tension de plaque. Le courant total ne variera qu'avec le potentiel de l'écran. Les courbes I_t de la figure 2 illustrent ce phénomène.

On a : courant d'écran I_s + courant plaque I_p = courant total I_t = constante.

La théorie ne permet pas de prévoir de quelle façon le courant

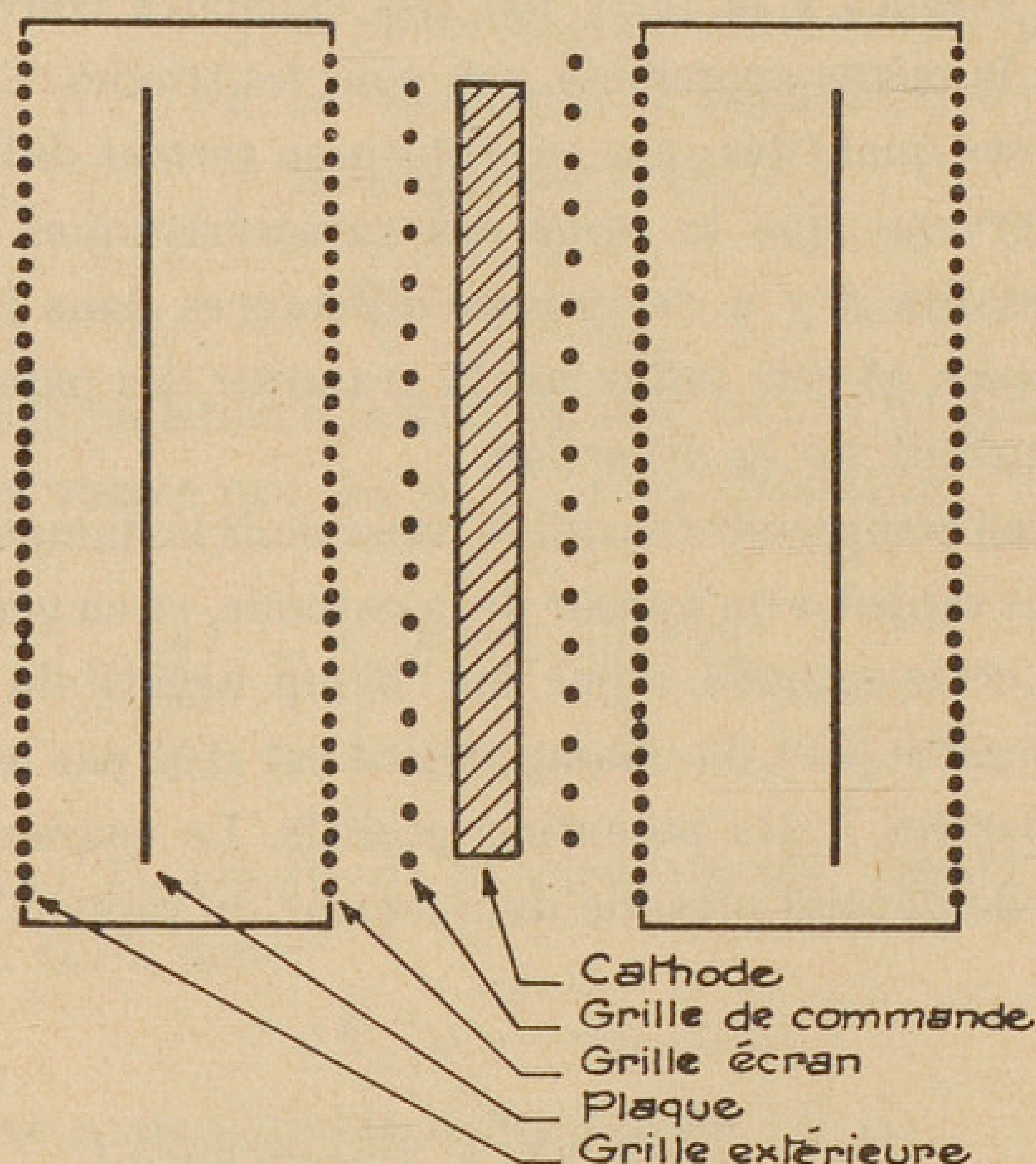


Fig. 1. — Schéma montrant la disposition des électrodes dans une tétrode à écran.

se partage entre la plaque et l'écran. En gros, on peut dire que lorsque les potentiels de la plaque et de l'écran sont les mêmes, le rapport des deux courants est égal au rapport

$$\frac{\text{aire des espaces libres de l'écran}}{\text{aire occupée par les fils de l'écran}}.$$

Ce rapport croît avec la tension de plaque et plus ou moins vite suivant que la grille écran est plus ou moins transparente.

Pour les potentiels de plaques élevés la courbe $I_p = f(E_p)$ est très plate. On voit donc que la conductance plaque

$$S_p = \frac{\partial I_p}{\partial E_p} = \frac{1}{\rho}$$

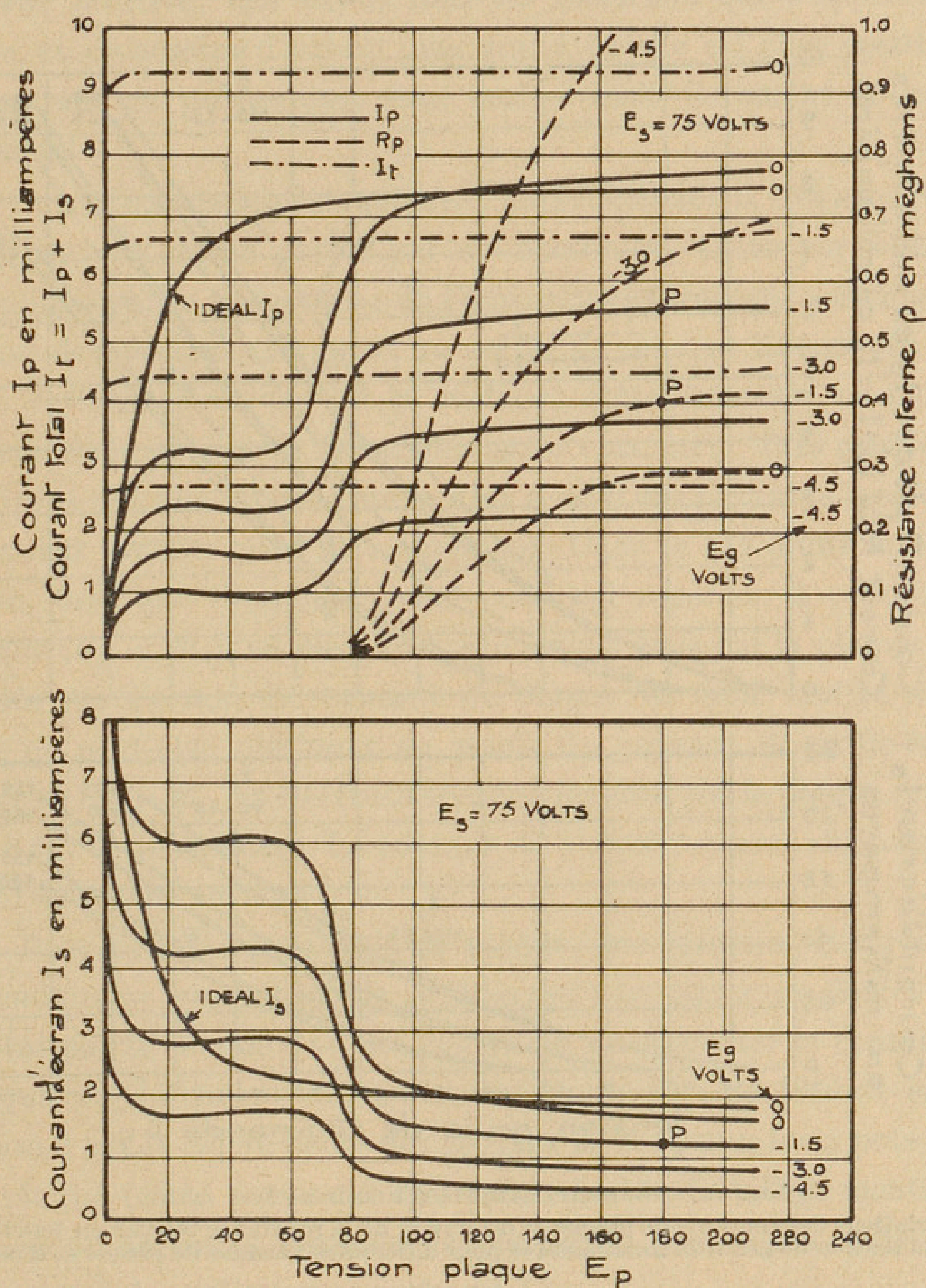


Fig. 2. — Caractéristiques d'une tétrode à écran.
Variations des courants de plaque et d'écran et de la résistance interne en fonction de la tension de plaque et pour différentes polarisations de grille. La tension d'écran est constante : $E_s = 75$ volts.

sera très faible. Par contre la résistance interne $\rho = \frac{1}{\frac{\partial I_p}{\partial E_p}}$ est très grande.

Cette résistance interne croît avec la finesse des mailles de la grille-écran.

A priori la grande résistance interne de la lampe paraît être un inconvénient, puisque l'équation (14) montre qu'une lampe se

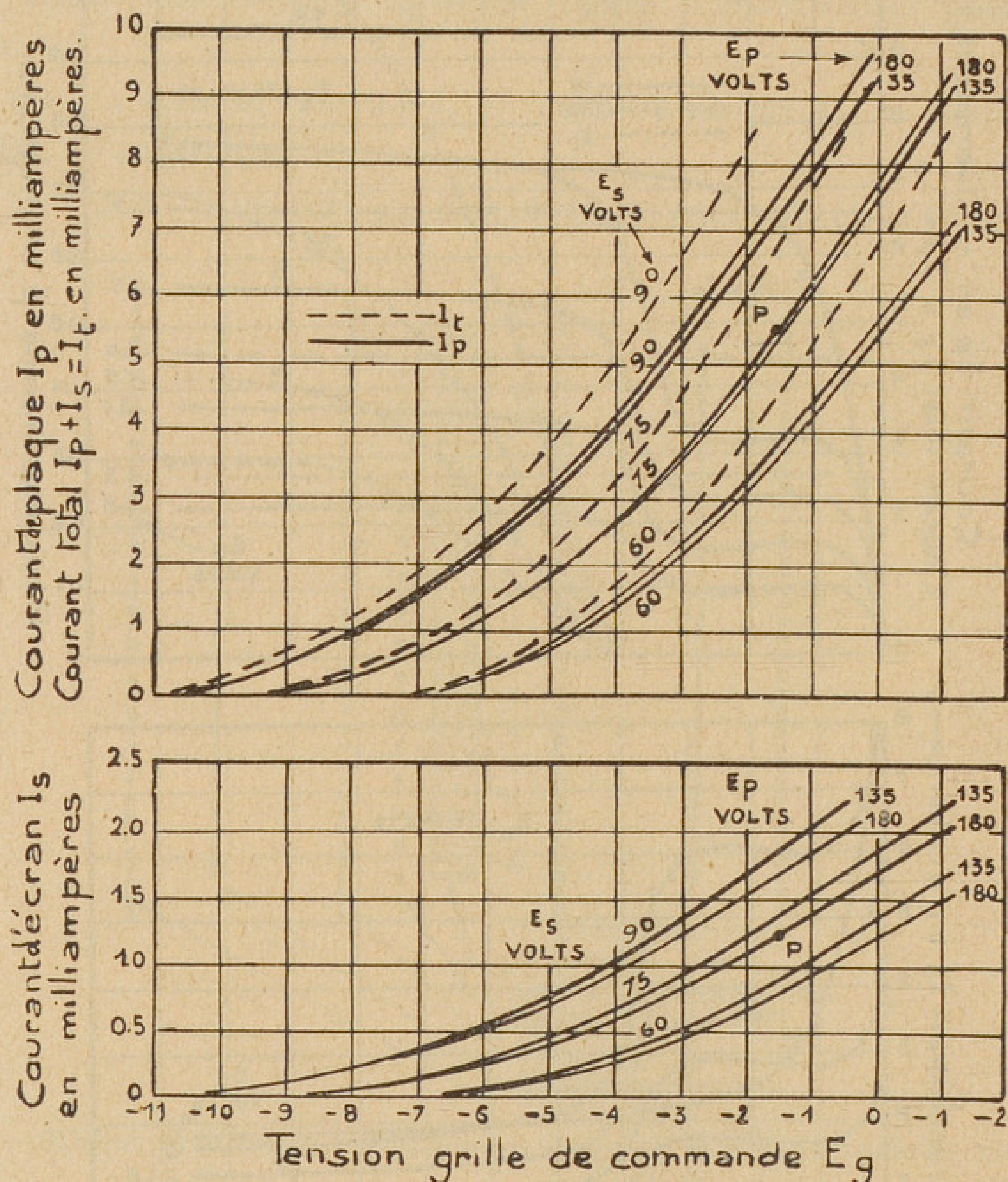


Fig. 3. — Caractéristiques d'une tétrode à écran.
Variations des courants de plaque et d'écran et de la résistance interne en fonction de la tension de grille de commande et pour différentes tensions de plaque et d'écran.

comporte comme un générateur de force électromotrice ke_g et de résistance intérieure ρ débitant sur une résistance extérieure R. On verra plus tard que cette grande valeur de ρ n'est pas un obstacle.

La forme théorique des courbes de la figure 2 peut s'expliquer ainsi : quand la plaque est au potentiel zéro, un certain nombre d'électrons attirés par l'écran le dépassent, s'approchent plus ou

moins de la plaque, et reviennent vers l'écran où ils retombent (quelquefois après plusieurs oscillations), tandis que la majorité des électrons atteint directement l'écran. Donc, si $E_p = 0$, on aura $I_s = I_t$; le courant de plaque sera nul. Dès que la plaque devient positive, elle capte tous les électrons qui s'approchent d'elle, et en nombre d'autant plus grand qu'elle est plus positive : le courant de plaque doit donc croître immédiatement et régulièrement.

Or les courbes réelles montrent un fléchissement très accentué ; elles peuvent même passer par un maximum. Cette particularité s'explique par le phénomène de l'émission électronique secondaire : quand des électrons frappent un corps, ils peuvent libérer par leur choc certains électrons de la surface ; cette émission secondaire dépend de la nature du métal, des gaz occlus, etc... Très peu de ces électrons ont une vitesse comparable à celle des électrons incidents, mais leur nombre peut être supérieur. Dans le cas d'une lampe à écran, tant que l'écran est à un potentiel supérieur à celui de la plaque ($E_p < E_s$), les électrons secondaires émis par la plaque sont captés par l'écran. Le courant de plaque va donc croître moins vite et peut-être diminuer au profit du courant de grille-écran. Dès que $E_p > E_s$, les électrons secondaires émis par la plaque reviennent sur cette dernière. Le courant de plaque reprend alors rapidement sa valeur normale.

Pour de forts potentiels de plaque, une émission électronique secondaire se produit sur la grille-écran ; les électrons libérés sont captés par la plaque : ce qui contribue à augmenter le courant de plaque au détriment du courant d'écran. Ceci se traduit sur la figure 2 par la légère pente des courbes I_p et I_s aux forts potentiels de plaque (cette pente est également due au fait déjà mentionné que pour de fortes tensions de plaque, la proportion d'électrons traversant la grille-écran augmente).

Les lampes à grille-écran sont utilisés dans la partie supérieure des caractéristiques (point P de la figure 2). Si le point de fonctionnement descend en-dessous de 100 V on a une *distorsion* considérable. D'autre part, cela implique une tension de plaque bien supérieure à la tension d'écran (en général le double). On verra que l'in-

troduction d'une grille supplémentaire évite ces inconvénients en supprimant l'effet de l'émission électronique secondaire.

On voit également sur la figure 2 que la résistance interne ρ décroît rapidement dès que le potentiel de la plaque devient voisin de celui de l'écran.

Remarque. — On a vu que le potentiel de la plaque n'agissait pas sur le courant total. On peut donc considérer l'ensemble cathode, grille, et grille-écran comme une triode ordinaire. En effet cet ensemble pourrait fonctionner comme une triode. Or il ne faut pas que cette fonction vienne se superposer à celle qui est remplie par la grille-écran. Pour cela il est indispensable que le potentiel de l'écran soit bien fixe. C'est en fait ce qui est réalisé.

Equations. — Si on considère le courant total I_t, la pente

$$S_t = \frac{\partial I_t}{\partial E_g}$$

est la même que pour la triode des mêmes dimensions.

Soit ρ le rapport :

$$\frac{\text{conrant de plaque}}{\text{courant total}} = \frac{I_p}{I_t}$$

(rapport qui peut atteindre 0,7 à 0,9 pour de fortes tensions de plaque).

La *pente* (au sens usuel du mot) est alors :

$$S = \frac{\partial I_p}{\partial E_g} = \rho \frac{\partial I_t}{\partial E_g} = \rho S_t$$

et le coefficient d'amplification k sera :

$$k = \frac{\frac{\partial I_p}{\partial E_g}}{\frac{\partial I_p}{\partial E_p}} = \rho S \qquad (17)$$

Or S_t est la pente d'une triode, la pente S de la tétrode lui sera donc comparable ($S \neq 0,8\, S_t$). D'autre part, on a vu que ρ était très grand, le coefficient d'amplification $k = \rho S$ sera donc très grand.

Si on se reporte à l'équation (14) et à l'analogie avec un générateur, on voit que malgré la forte résistance intérieure de ce généra-

teur, son débit restera normal grâce à sa grande force électromotrice.

La figure 3 montre que pour une tension d'écran donnée et pour des tensions de plaque bien supérieures à la tension d'écran, le courant total est pratiquement indépendant de la tension de

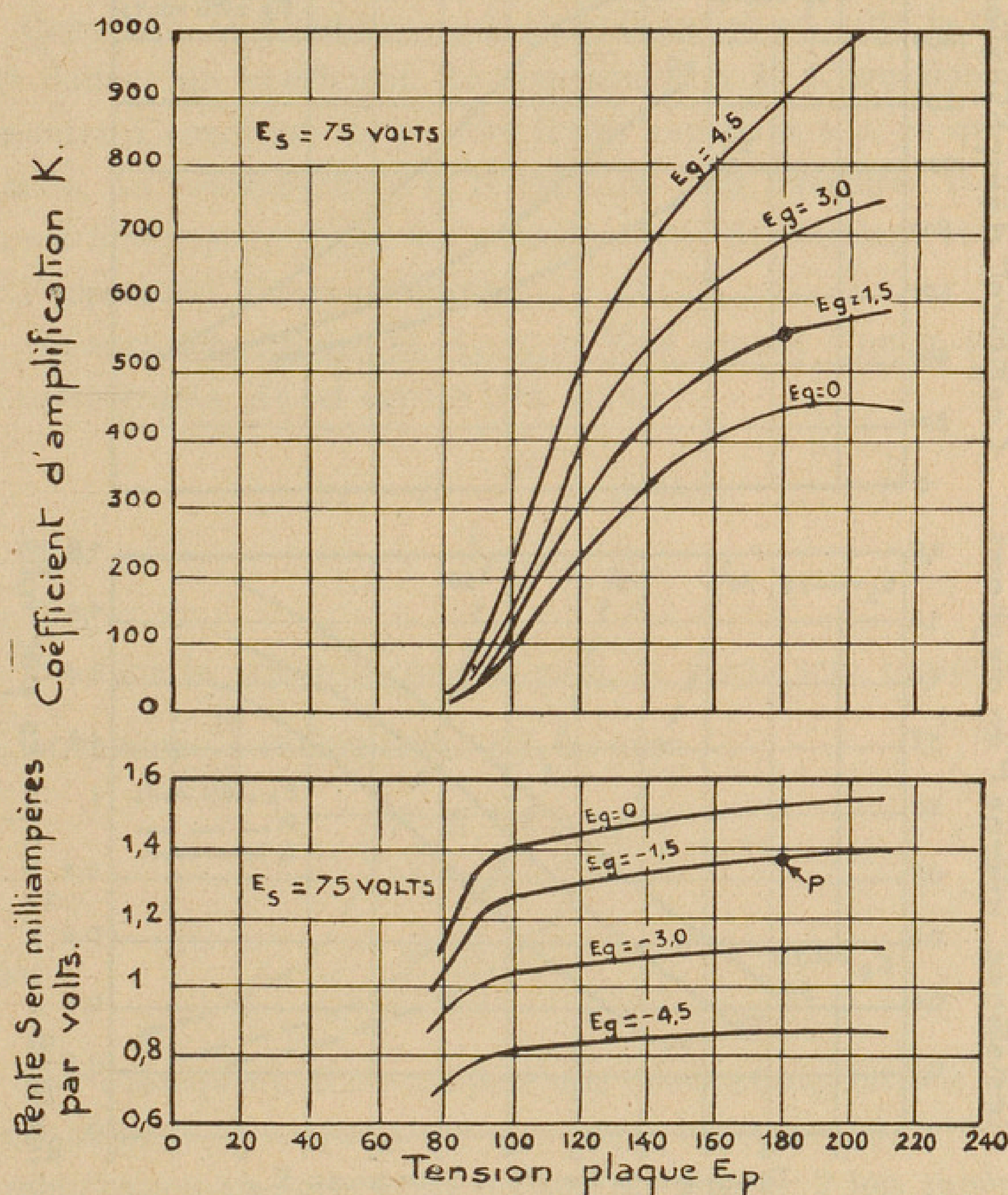


Fig. 4. — Coefficient d'amplification et pente d'une tétrode à écran en fonction de la tension de plaque.

plaque, et le courant de plaque lui-même varie très peu avec cette tension. Cela a été expliqué par la faible capacité filament-plaque.

La figure 4 donne les variations du coefficient d'amplification k et de la pente S en fonction de la tension de plaque. On voit que, à partir de $E_p = 100\ V$, la pente varie très peu ; c'était à prévoir

puisque I_p varie très peu avec E_p. Cette propriété est caractéristique des lampes à écran.

On voit également sur cette figure que le coefficient d'amplifi-

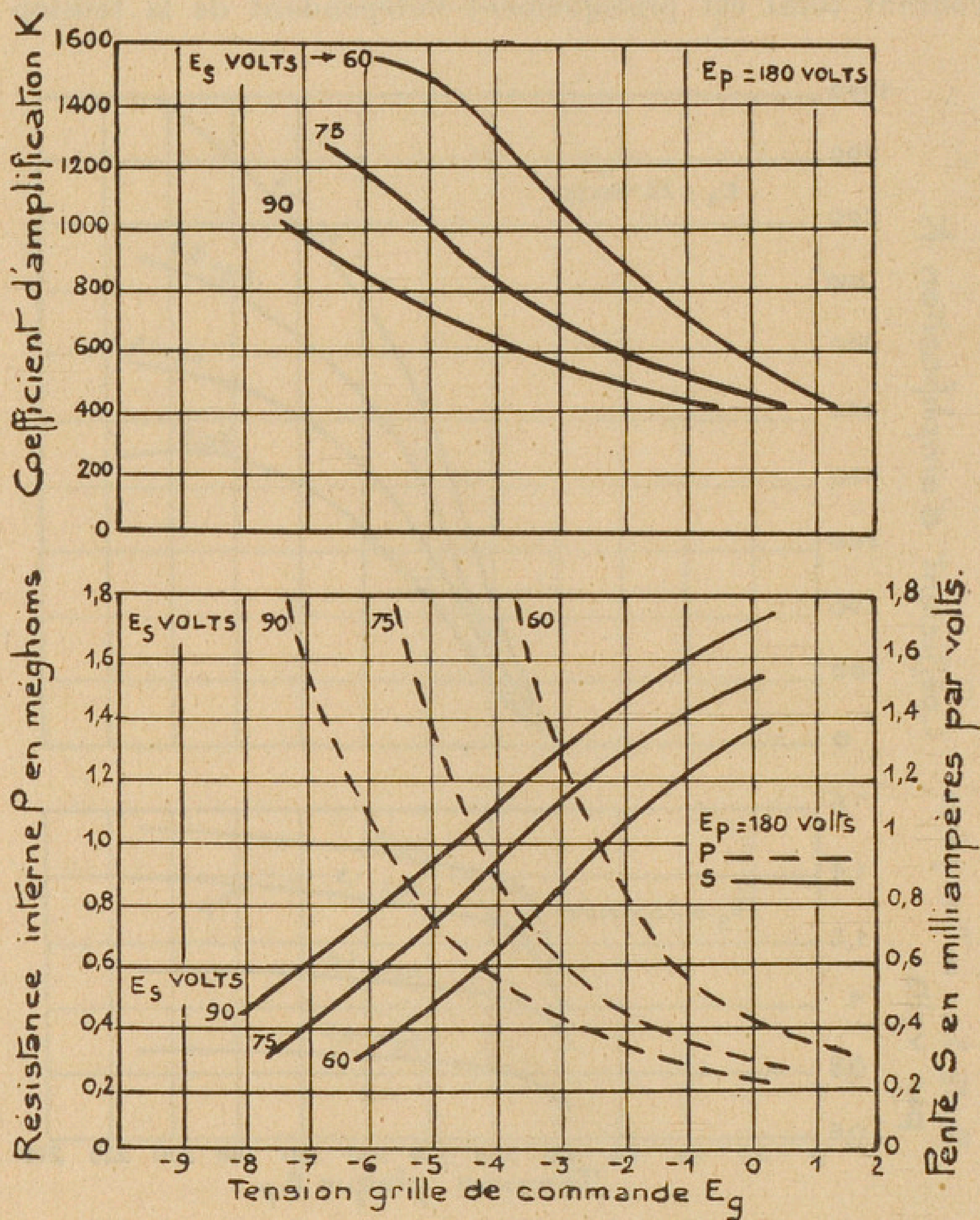


Fig. 5. — Coefficient d'amplification, pente et résistance interne d'une tétrode à écran en fonction de la tension de la grille de commande.

cation varie comme la résistance interne. C'est normal puisque S reste constant et

$$k = \rho S$$

La figure 5 donne les variations de la pente, de la résistance interne et du coefficient d'amplification en fonction du potentiel de la grille de commande. Les courbes de S et ρ sont comparables

à celles des triodes, par contre la variation de k est très différente : k augmente lorsque la grille devient plus négative ; cela tient à ce que la résistance interne croît beaucoup plus rapidement que dans les triodes lorsque la grille devient suffisamment négative.

Considérée au point de vue de l'amplification en volts, la triode peut donner un coefficient A_V comparable à k. L'équation (15) le montre à condition de prendre R très supérieur à ρ, ce qui est possible. Au contraire dans la tétrode, on aura forcément $R < \rho$. (On est limité pour R par des considérations de couplage et aussi par l'apparition d'harmoniques).

On aura donc forcément $A_V < k$. Mais comme d'autre part k est considérable, A_V est encore très grand :

$$A_V = S \frac{R}{1 + \frac{R}{\rho}} \# S.R$$

(car $R << \rho$).

Or dans la triode correspondante, la pente sera comparable à S, et comme $\frac{R}{\rho}$ est supérieur à 1, on aura :

$$A_V = S \frac{R}{1 + b} \quad (\text{avec } b > 1);$$

donc $$A_V < \frac{S.R}{2}.$$

Par conséquent, si on compare une triode et une tétrode ayant même pente S et débitant sur une même résistance R, le facteur d'amplification en volts de la tétrode est plus de 2 fois supérieur à celui de la triode.

En résumé, la tétrode à écran est une lampe qui a une pente comparable à celle d'une triode, mais une résistance interne et un coefficient d'amplification très supérieurs. Associée à un circuit convenable, elle permet de réaliser une grosse amplification en volts relativement exempte de réaction. Par contre son utilisation est limitée au point de vue de la puissance par la forme des courbes du courant de plaque due à l'émission électronique secondaire.

IV. — Penthodes de puissance.

Afin de pouvoir fournir au circuit de sortie une puissance importante, une lampe doit supporter de grandes variations dans les courants et tensions de plaque.

Ces conditions sont remplies par les penthodes de puissance.

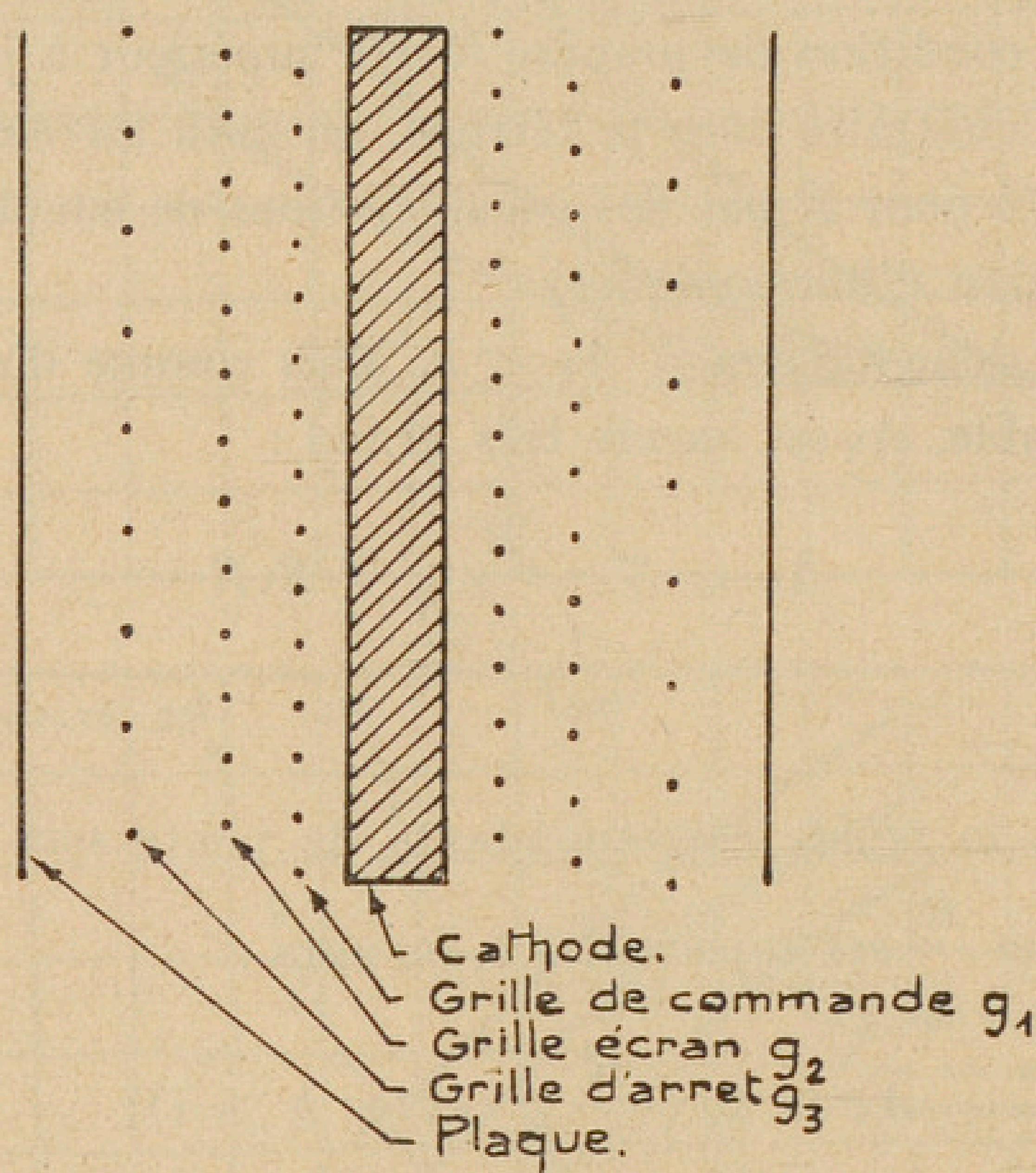


Fig. 6. — Schéma montrant la disposition des électrodes dans une penthode de puissance.

Ces lampes sont des lampes à grille-écran dans lesquelles une grille supplémentaire a été insérée entre l'écran et la plaque (fig. 6).

La première grille est toujours polarisée négativement et agit comme grille de commande ; l'écran est porté à un potentiel positif fixe. Le courant total est encore déterminé par les dimensions et les situations relatives des électrodes et par les tensions de ces électrodes.

Cette partie de la lampe est analogue à une triode de puissance : première grille à mailles larges et polarisée très négativement, deuxième grille à un potentiel positif très élevé. La grille-écran a des mailles assez larges de façon à laisser passer un fort courant

de plaque. On a ainsi un coefficient d'amplification faible, mais un courant de sortie intense.

Pour permettre de grandes variations du courant de plaque,

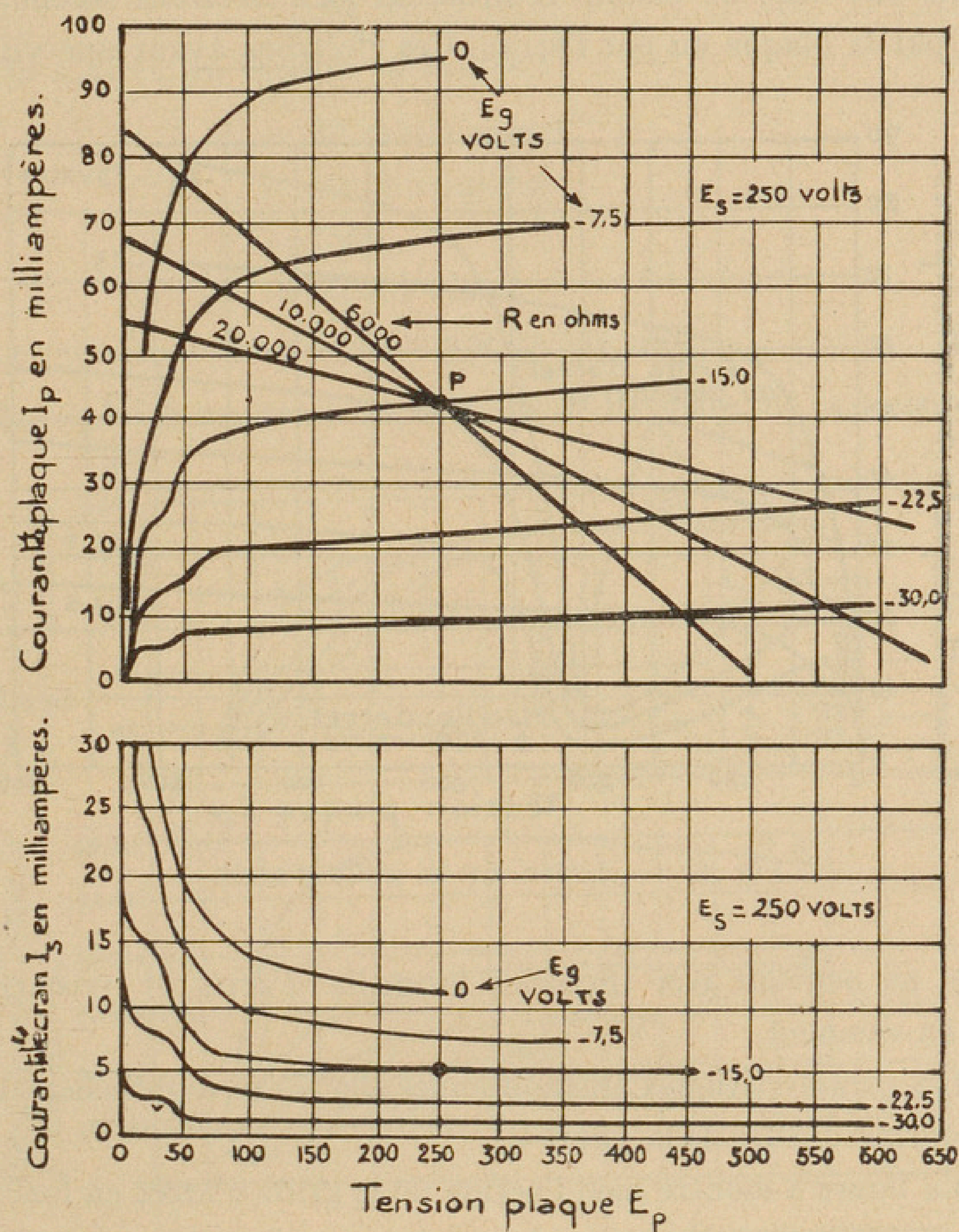


Fig. 7. — Caractéristiques d'une penthode de puissance. — Courants de plaque et d'écran en fonction de la tension de plaque, pour différentes polarisations de grille.

il faut supprimer l'irrégularité de la courbe du courant de plaque due à l'émission électronique secondaire. A cet effet, on place une troisième grille entre l'écran et la plaque et on porte cette grille à un potentiel inférieur au plus bas potentiel atteint par la plaque. Pratiquement, on relie cette électrode supplémentaire à la cathode.

Cette *grille d'arrêt* est très transparente, elle laisse donc passer presque tous les électrons venant de la cathode ; ces électrons atteignent la plaque comme si la grille d'arrêt n'existait pas. Mais par contre, elle offre un champ retardateur aux électrons secondaires émis par la plaque ou par l'écran. Ces électrons ayant une vitesse

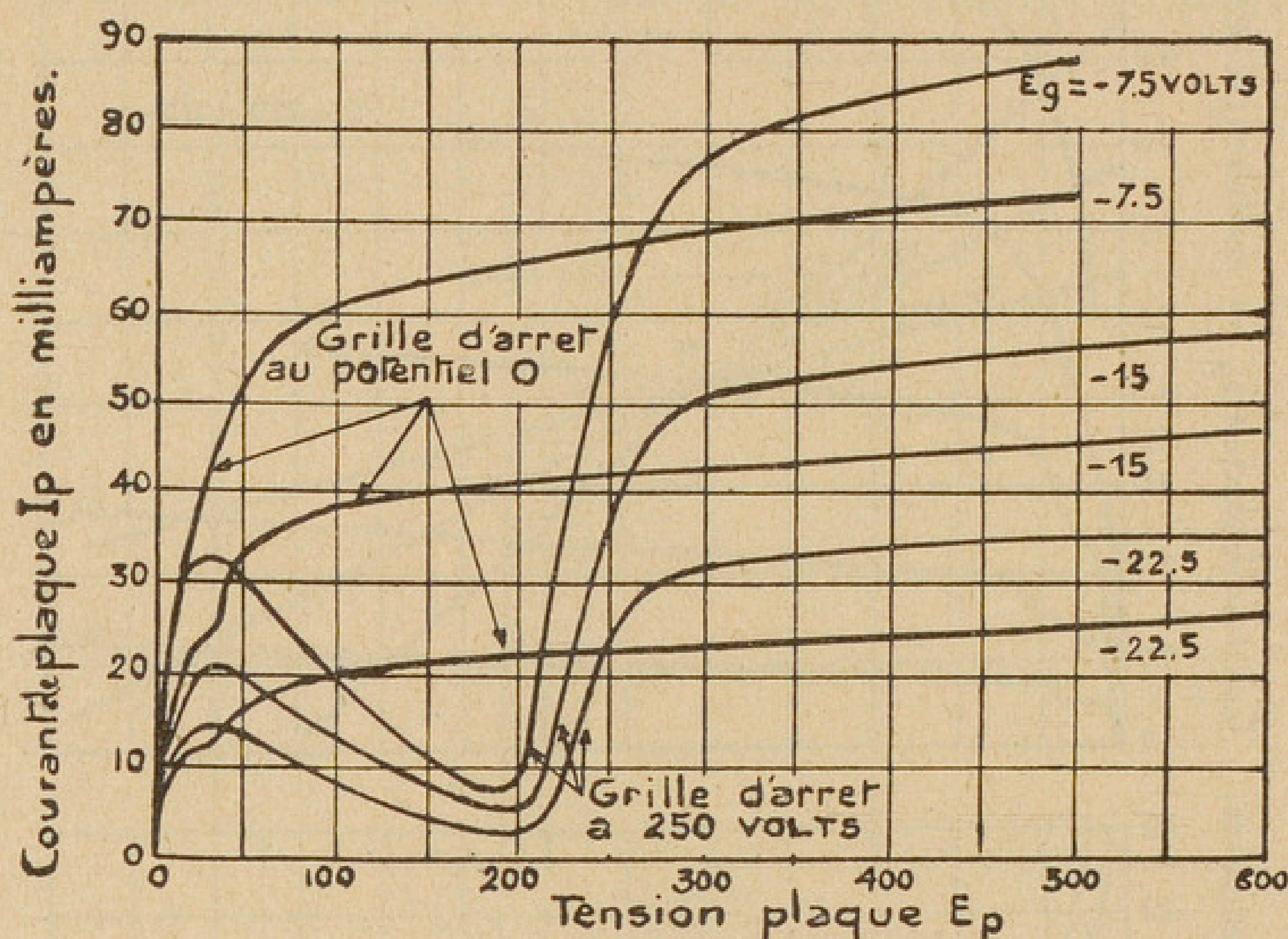


Fig. 8. — Action de la grille d'arrêt.

faible, ne peuvent pas traverser la grille d'arrêt et retournent d'où ils viennent.

Les caractéristiques ainsi obtenues (fig. 7) se rapprochent bien des courbes idéales de la figure 2.

La figure 8 montre bien l'action de la grille d'arrêt en fonction des potentiels de cette grille. Les avantages obtenus sont donc les suivants :

1. La tension de plaque peut varier dans de très grandes limites.

2. La plaque et l'écran peuvent être portés au même potentiel.

On peut remarquer que les caractéristiques de plaque sont moins horizontales que dans les tétrodes. Cela résulte de la plus grande transparence de la grille-écran.

Le point normal de fonctionnement de la penthode étudiée correspond à :

$$\begin{cases} E_s = E_p = 250 \ V \\ E_g = - 15 \text{ V.} \end{cases}$$

On a alors les valeurs suivantes :

$$I_p = 42 \text{ milliampères.}$$
$$I_s = 5 \text{ milliampères.}$$
$$k = 156.$$
$$\rho = 52.000 \text{ ohms.}$$
$$S = 3 \text{ milliampères par volt.}$$

La figure 9 montre les variations de la pente, de la résistance

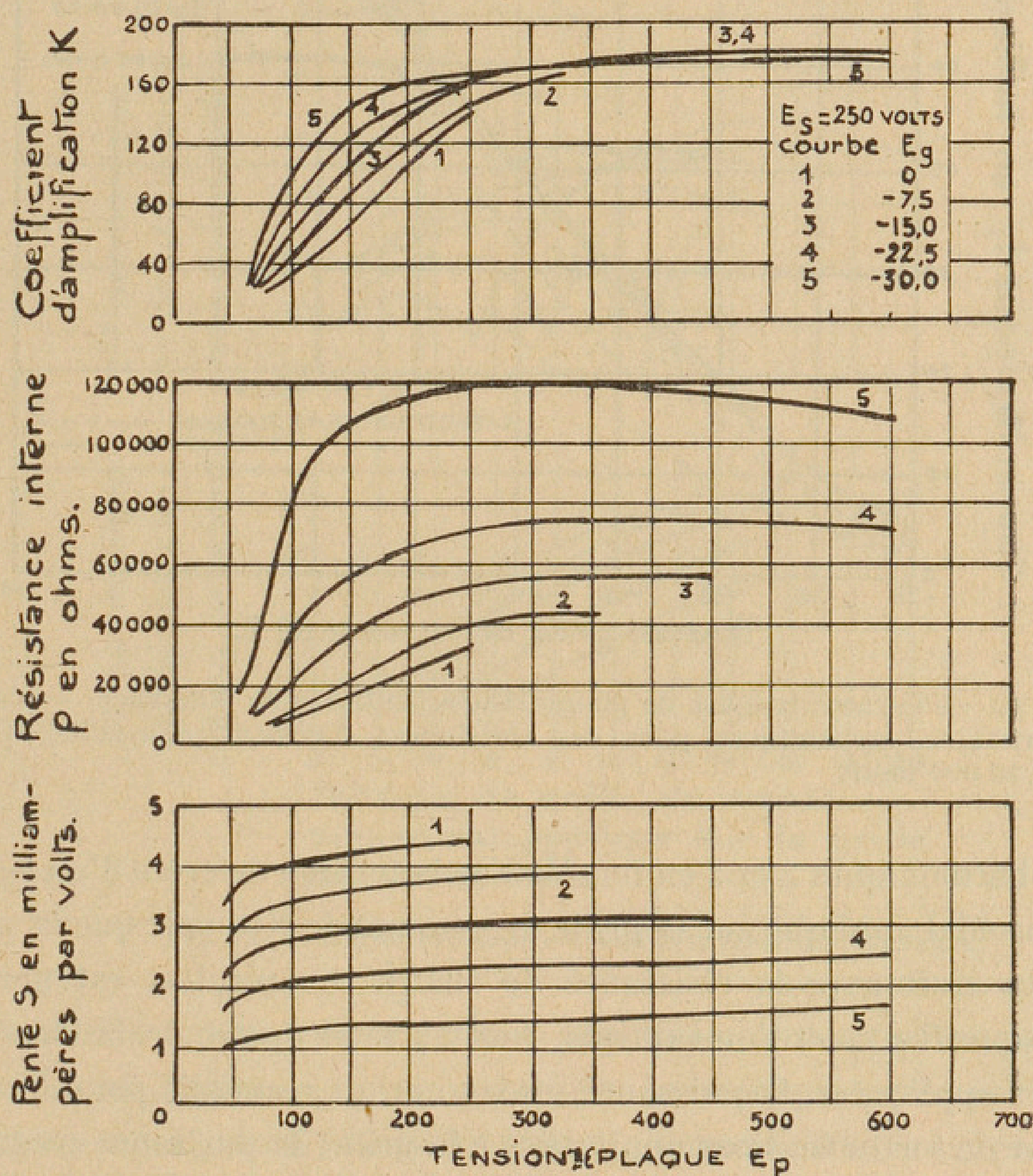


Fig. 9. — Coefficient d'amplification, résistance interne et pente en fonction de la tension de plaque, pour différentes polarisations de grille.

interne et du coefficient d'amplification en fonction du potentiel de la plaque. On peut remarquer le passage de la résistance interne par un maximum ; cela correspond à un point d'inflexion des courbes de courant de plaque.

La figure 10 montre les variations du courant de plaque en fonction du potentiel de grille.

La figure 11 donne la puissance recueillie à la sortie et le niveau

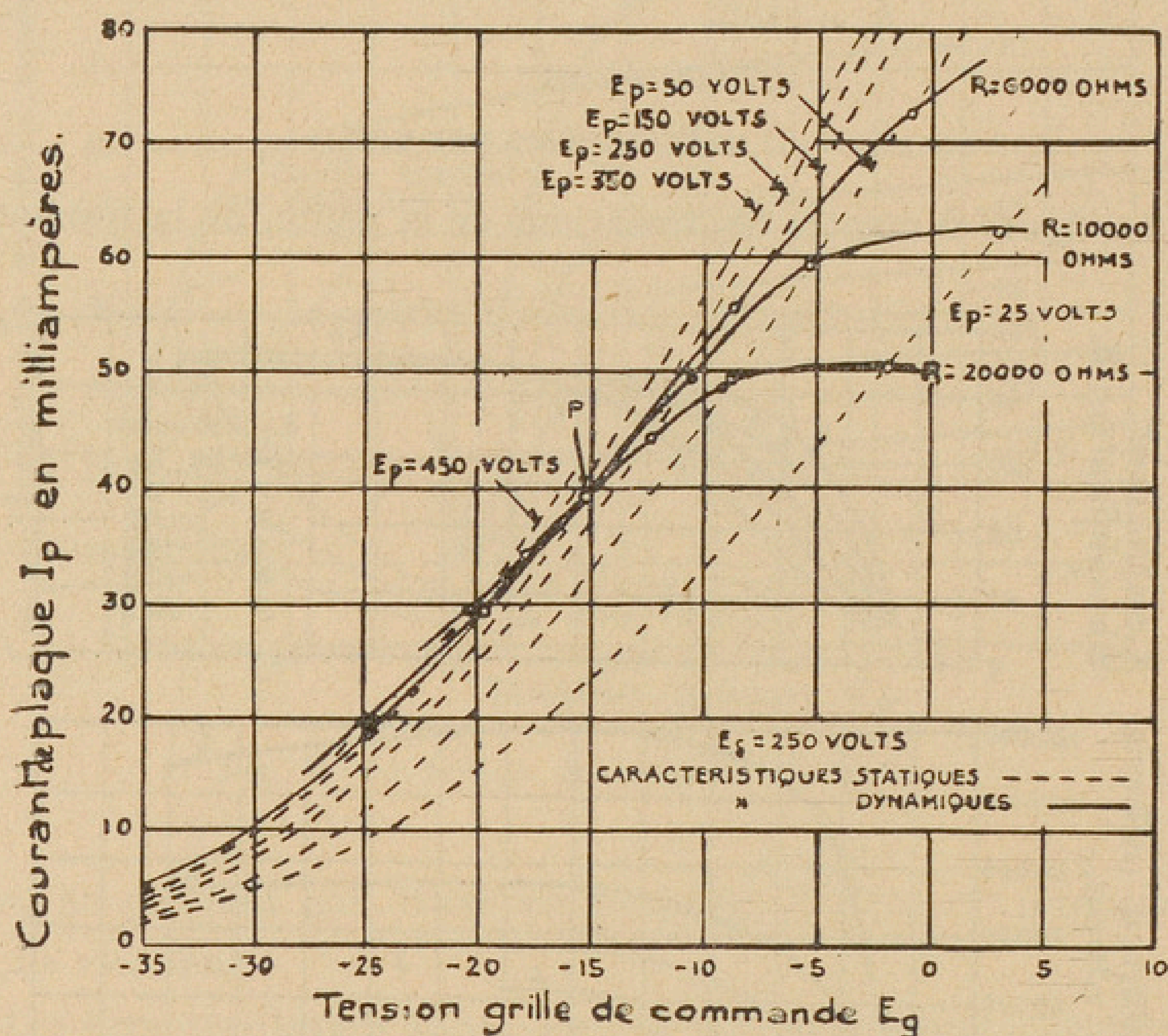


Fig. 10. — Caractéristiques de plaque d'une penthode de puissance. — Caractéristiques dynamiques pour des résistances d'utilisation de 6.000, 10.000 et 20.000 ohms.

des harmoniques 2 et 3 en fonction de la tension de crête d'un signal sinusoïdal appliqué sur la grille de commande. On voit que la puissance croît avec la résistance de charge. Ce résultat est normal puisque $R < \rho$ et l'on sait que, tout au moins pour de faibles tensions appliquées, la puissance maximum est recueillie pour $R = \rho$. Pour de fortes tensions appliquées à la grille, la puissance recueillie diminue quand R augmente ; ceci résulte de la courbure des caractéristiques dynamiques de la figure 10.

Les variations du niveau du 2ème harmonique sont assez curieuses. Pour de faibles tensions appliquées, le 2ème harmonique décroît quand R croît. Au contraire, pour de fortes tensions, c'est

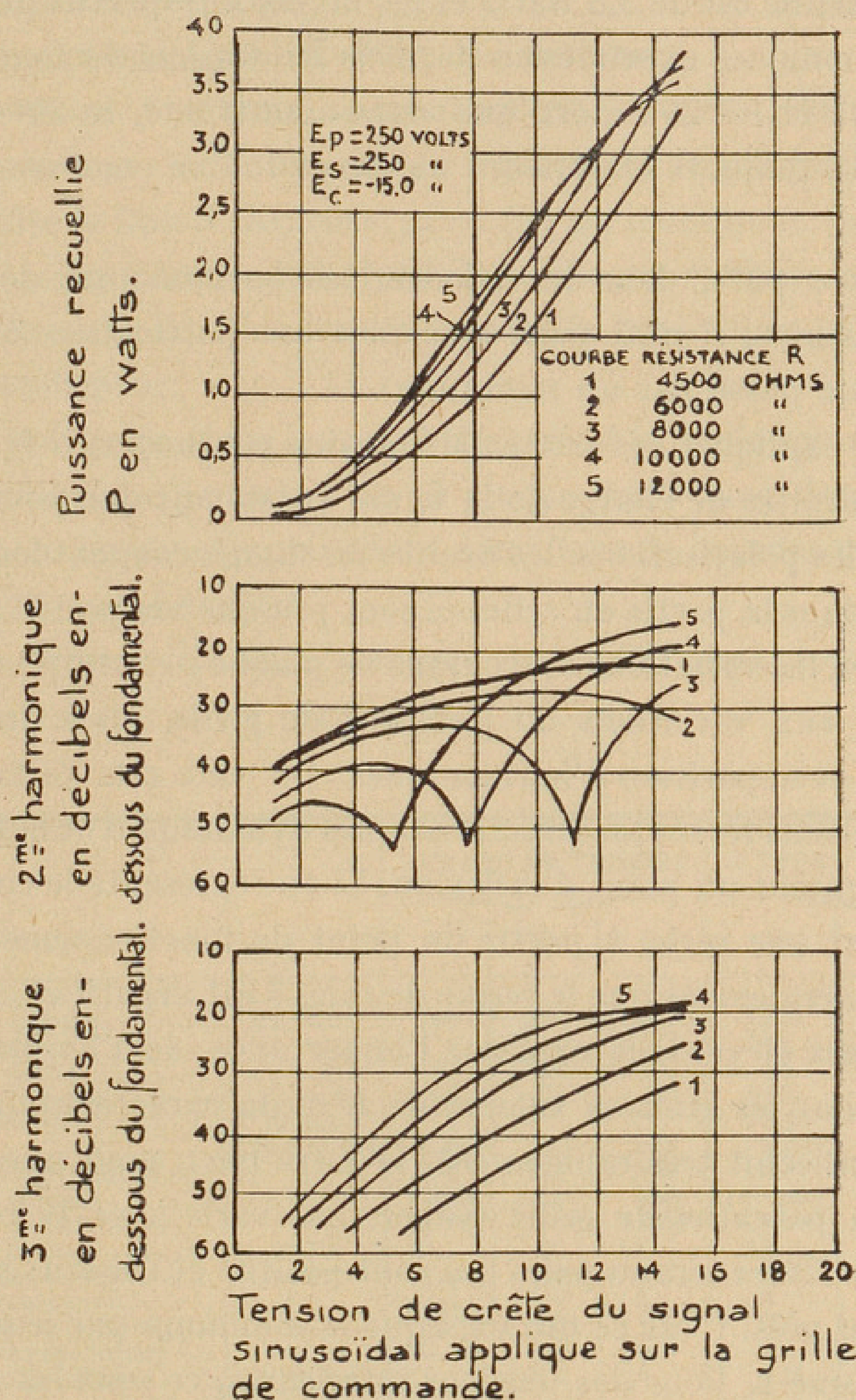


Fig. 11. — Caractéristiques d'une penthode de puissance.

l'inverse. En fonction de la tension appliquée, tout au moins pour de fortes résistances, le niveau du 2ème harmonique passe par un minimum assez pointu et ensuite croît rapidement. Toutes ces particularités seront expliquées plus tard.

Le niveau du 3ème harmonique croît avec R et avec la tension

de crête appliquée sur la grille. Ce 3ème harmonique a un niveau relativement élevé dans les penthodes et les tétrodes. Par exemple pour $R = 6.000$ ohms et une tension appliquée de 15 volts, la puissance recueillie est de 3,8 watts et les niveaux respectifs des 2ème et 3ème harmoniques exprimés en décibels en dessous du fondamental sont — 31 et — 26 ; alors que dans une triode, le 3ème harmonique est toujours inférieur au second d'au moins 10 décibels.

D'autre part, dans les triodes, les harmoniques décroissent régulièrement si R croît (sauf quelques cas particuliers où le 3ème harmonique passe par un minimum).

Pour expliquer ces particularités des penthodes, il faut considérer les droites de charge de la figure 7. On voit que pour R petit et de faibles polarisations, les droites de charge coupent les caractéristiques dans la partie où celles-ci sont presque verticales. Dans ces conditions, les variations du courant de plaque ne sont plus proportionnelles aux variations du potentiel de grille, on a donc de la *distorsion* et apparition d'harmoniques. On voit cela de façon plus précise en considérant les caractéristiques dynamiques de la figure 10 : elles présentent un point d'inflexion. Si on représente le courant de plaque par une série, à partir du point de fonctionnement P, on trouve généralement que le terme de rang 3 est négatif et a un coefficient assez élevé. Cela explique l'importance de l'harmonique 3, surtout pour les grandes valeurs de R où la caractéristique dynamique s'infléchit très rapidement. D'autre part, pour une certaine valeur du potentiel de grille (valeur qui varie avec la résistance extérieure R) les termes pairs qui sont positifs et négatifs se détruisent à peu près. C'est ce qui explique le minimum par lequel passe l'harmonique 2. Pour des tensions inférieures, ce sont les signes + qui prédominent, pour des tensions supérieures ce sont les signes —, d'où inversion de la phase du 2ème harmonique au moment du minimum. Enfin, si la caractéristique dynamique est symétrique par rapport au point de fonctionnement P (fig. 10), la série n'a que des termes impairs, d'où absence complète d'harmoniques pairs dans le circuit de sortie de la lampe.

Le rendement de la penthode est bien supérieur à celui d'une

triode, pour la raison suivante. La plaque de la triode assure deux fonctions :

1° Ses variations de potentiel produisent des variations de courant dans le circuit de sortie,

2° Son potentiel positif attire les électrons.

Ces deux fonctions se contrarient ; en effet, la tension de plaque passe par un minimum au moment où le courant de plaque, c'est-à-dire le flux d'électrons, passe par un maximum. Ce minimum de la tension plaque doit donc être encore suffisamment grand, c'est-à-dire une fraction importante de la tension de plaque ; d'où faible rendement.

Au contraire, dans les penthodes, c'est la grille-écran qui attire les électrons. Le potentiel de la plaque peut donc descendre très bas, le courant de plaque variera donc dans de grandes proportions, d'où meilleur rendement.

Le tableau suivant indique les différences fondamentales entre les triodes et les penthodes.

		3 TYPES DE TRIODES			3 TYPES DE PENTHODES		
		A	B	C	A	B	C
Tension de plaque.......	E_p volts	200	250	325	180	250	250
— d'écran.........	E_s volts				180	250	250
— de grille........	E_g volts	— 45	— 50	— 68	— 18	— 16,5	— 15
Courant de plaque.......	I_p mA	45	34	60	14,5	34	42
— d'écran.........	I_s mA				2,8	6,5	5
Pente..................	S mA/volts	2,81	2,17	5,2	1,05	2,2	3
Coeficient d'amplification.	k	2,9	3,5	3,8	105	220	156
Résistance interne.......	ρ	1.030	1.610	730	100.000	100.000	52.000
— extérieure....	R	2.060	3.900	2.750	12.000	7.000	6.000
Tension appliquée.......	volts	45	50	68	18	16,5	15
Puissance recueillie......	watts	1,9	1,9	7,8	1,2	3	3,8
Second harmonique......	°/o	7,4	5,7	5	5	2,3	2,8
Troisième harmonique...	°/o	0,7	1,2	1,1	7,5	6,6	5
Total des harmoniques...	°/o	7,45	5,9	5,1	9	7	5,7
Capacité grille-plaque....	μμF	12	7,2	20	1,2	0,8	0,2

En résumé, les principales caractéristiques des penthodes comparées aux triodes, sont :

1° amplification plus forte avec une tension d'attaque moindre ;

2° grande résistance interne, ce qui introduit une difficulté d'adaptation ;

3° grande puissance dissipée ;
meilleur rendement ;
4° beaucoup d'harmoniques (surtout le 3ème) ;
(pour atténuer cela, on prend $R << \rho \left(\frac{1}{3} \text{ ou } \frac{1}{10}\right)$;
5° petite capacité grille-plaque ;
grande capacité terre-plaque.

V. — Penthodes a grille accélératrice

On a vu que la présence des charges spatiales limite le courant total. Pour atténuer cet effet, on a placé tout près de la cathode une

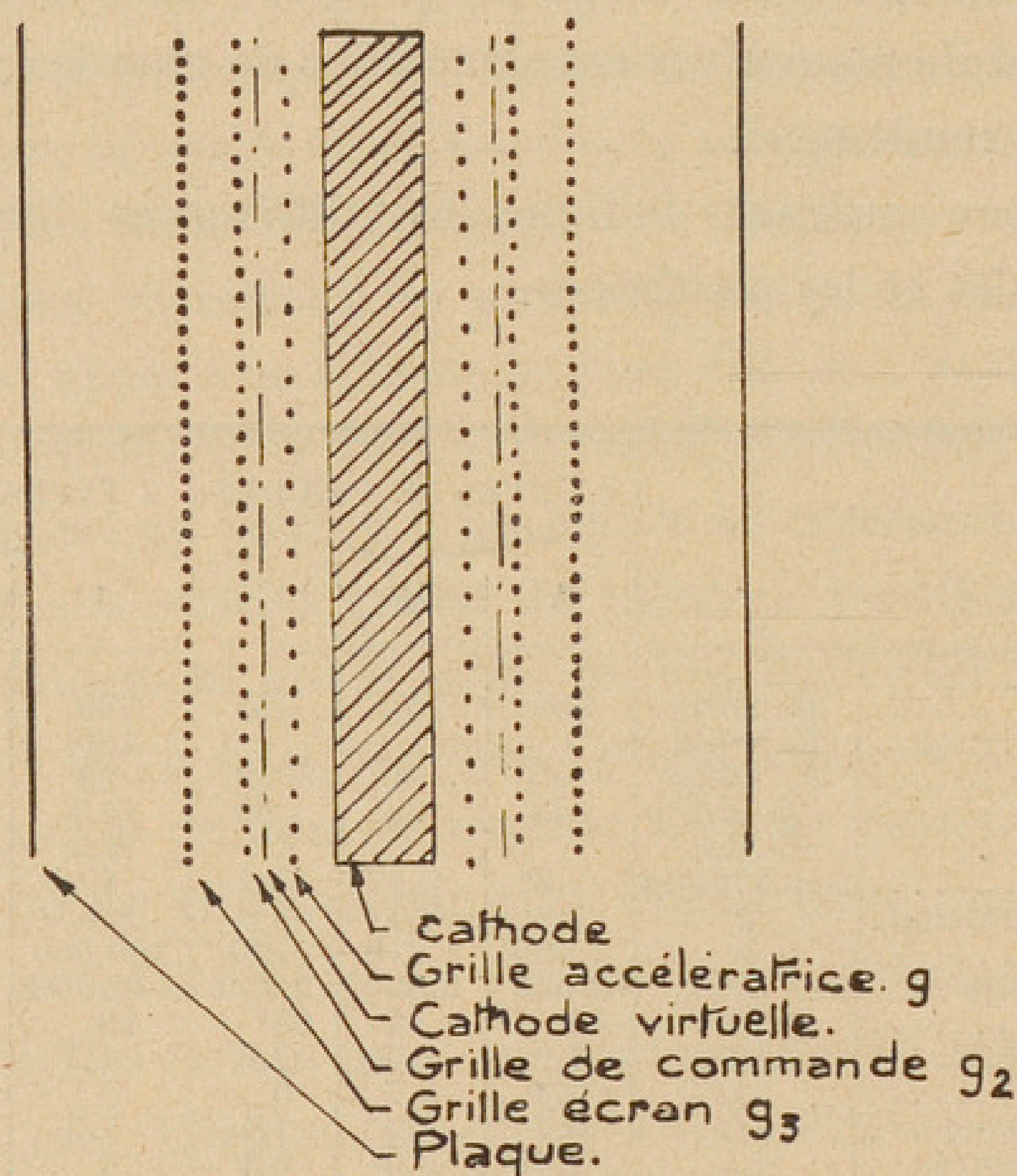


Fig. 12. — Schéma montrant la disposition des électrodes dans une penthode à grille accélératrice.

grille à mailles larges portée à un faible potentiel positif. Cette grille neutralise en partie le champ négatif dû aux charges spatiales. La moitié environ des électrons s'arrête sur cette grille, le reste continue vers la plaque.

Le reste de la lampe est identique à une tétrode, c'est-à-dire

qu'on trouve successivement la grille de commande, la grille-écran et la plaque.

Tout près de cette grille accélératrice, et à l'extérieur, la vitesse des électrons est à peu près nulle. On a donc réalisé une « cathode

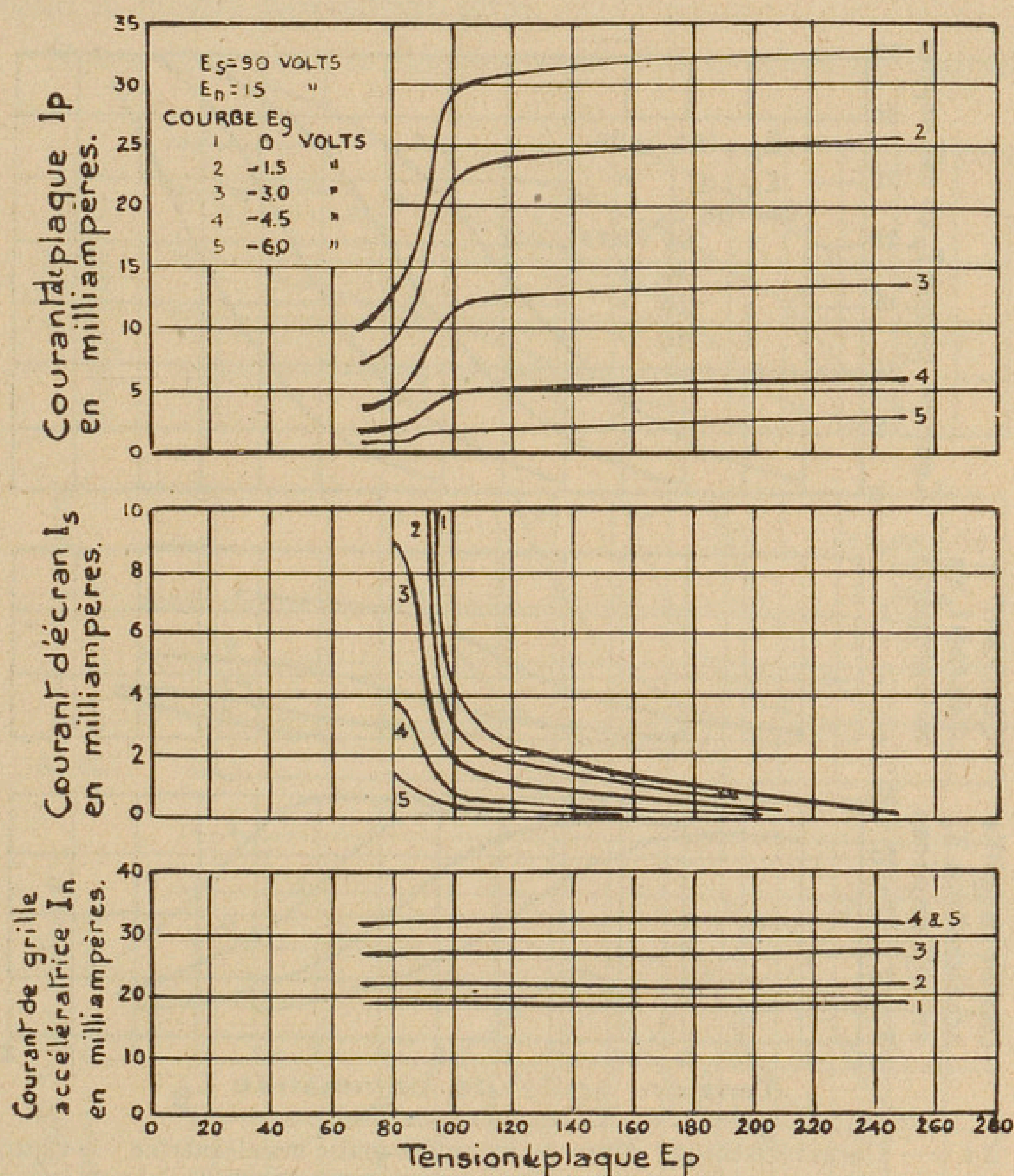


Fig. 13. — Caractéristiques d'une penthode à grille accélératrice. — Courants de plaque, d'écran et de grille accélératrice en fonction de la tension de plaque, pour différentes polarisations de grille.

virtuelle » d'où partent les électrons. Cette cathode a une grande surface, elle est rapprochée de la grille ; la lampe aura donc une pente élevée.

En réalité, certains électrons sont déviés par la 1re grille, si bien que les composantes radiales des électrons au niveau de la

cathode virtuelle sont très variables. On verra plus loin que cela limite le fonctionnement de la lampe.

Si on ne met pas d'écran on obtient des caractéristiques analogues à celles d'une triode.

Si on place contre la plaque une grille-écran portée à un potentiel

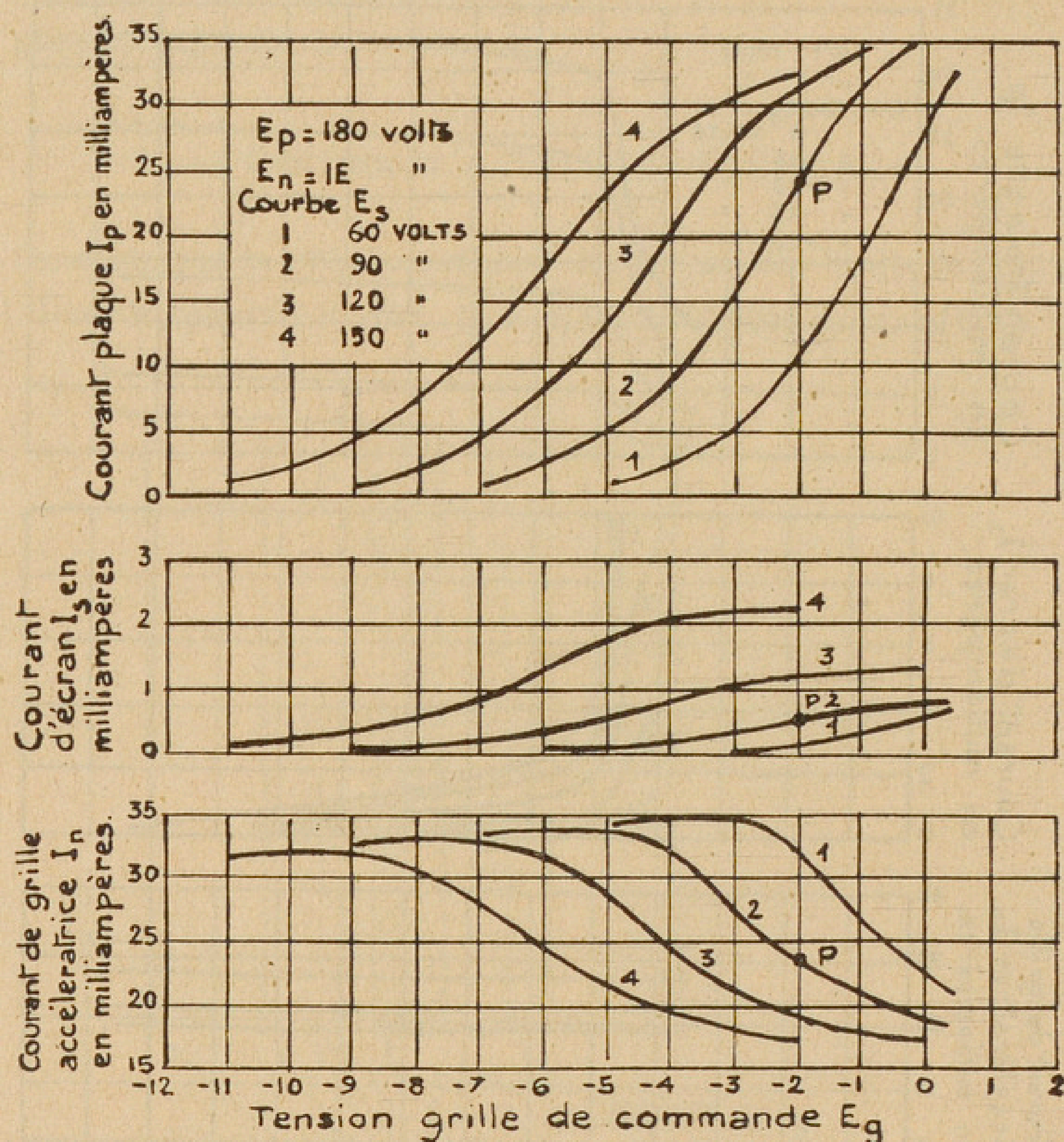


Fig. 14. — Caractéristiques d'une penthode à grille accélératrice. — Courants de plaque, d'écran et de grille accélératrice en fonction de la tension de la grille de commande, pour différentes tensions.

positif on obtient des caractéristiques identiques à celles d'une tétrode.

La figure 13 reproduit de telles caractéristiques. On voit que le courant de grille accélératrice croît et que le courant de plaque décroît lorsque la grille de commande devient négative. Cela tient au fait que les électrons repoussés par la grille de commande sont captés par la grille accélératrice.

La figure 14 montre les variations du courant de plaque, du courant de grille-écran et du courant de grille accélératrice en fonction du potentiel de la grille de commande. On voit que la tension de plaque influe peu sur ces caractéristiques.

Noter la valeur élevée du courant de grille accélératrice qui atteint la moitié du courant total.

Noter également le fléchissement des courbes de courant de

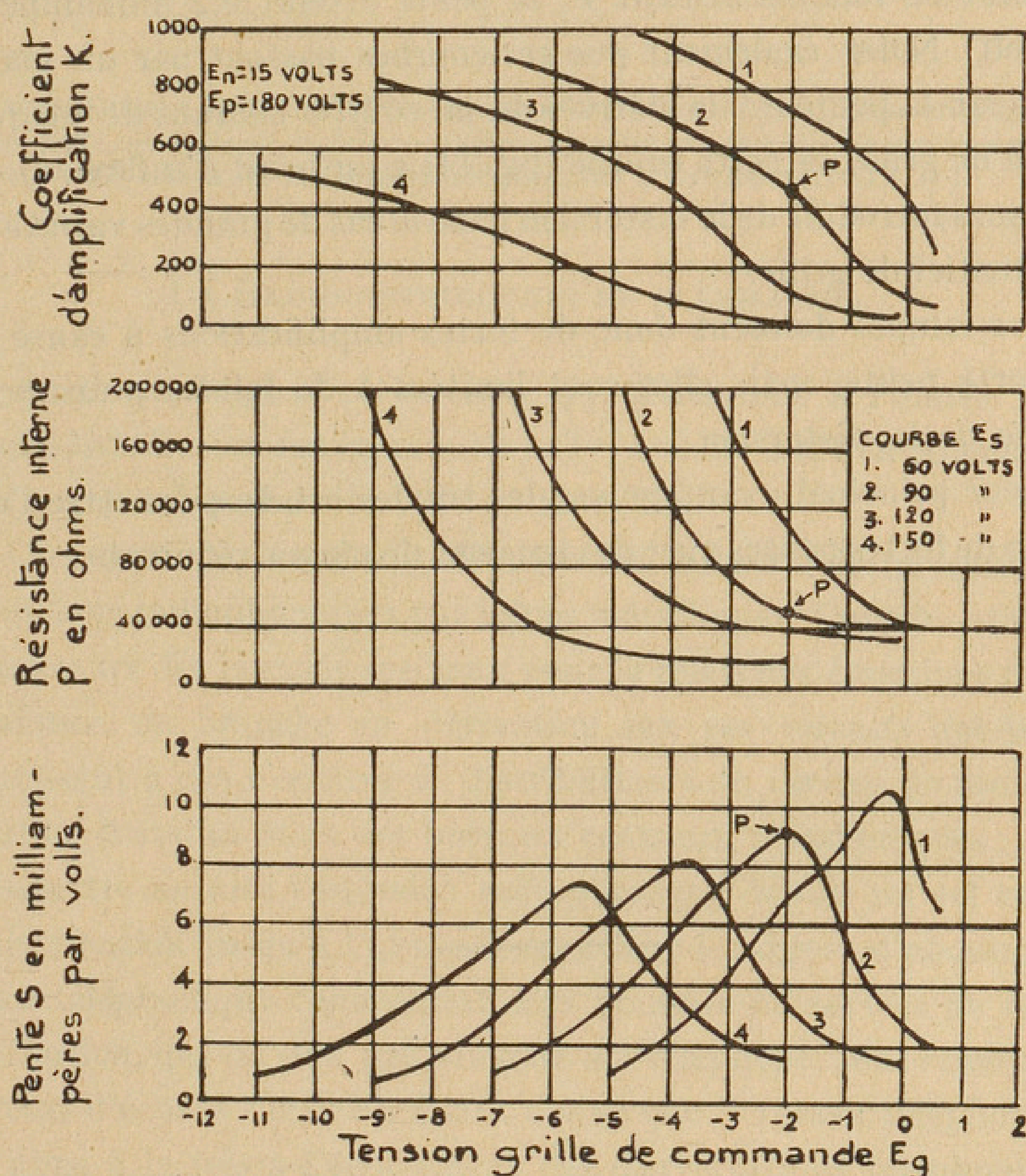


Fig. 15. — Coefficient d'amplification, résistance interne et pente d'une penthode à grille accélératrice en fonction de la tension de la grille de commande, pour différentes tensions.

plaque (phénomène identique à celui qui se produit dans les triodes à faible émission cathodique). Cela vient de l'épuisement des charges concentrées autour de la grille compensatrice. Cette imperfection et cette instabilité de la cathode virtuelle (dues aux vitesses

variables des électrons) est une caractéristique de ce genre de lampe. Cela limite l'emploi de la lampe en empêchant de grandes variations de potentiel de plaque. On ne peut donc pas obtenir de grandes puissances sans distorsion.

La figure 15 montre les variations du coefficient d'amplification, de la résistance interne et de la pente en fonction du potentiel de la grille de commande. Noter les fortes valeurs de la pente (au point de fonctionnement P, la pente atteint 9,2 milliampères par volt). Noter également que ces courbes passent par un maximum (car la pente est la dérivée de la courbe courant de plaque-tension de grille, et cette courbe (fig. 14) a un point d'inflexion). Ce maximum introduit de la distorsion dans le cas de grandes variations du potentiel de grille.

Ces lampes donnent donc de fortes amplifications à cause de leur forte pente, mais elles sont limitées à de faibles puissances, à cause de la distorsion.

Leur principal avantage sur les triodes est de permettre l'obtention de fortes pentes avec des tensions de plaque réduites.

LA RADIODISTRIBUTION DANS QUELQUES PAYS EUROPÉENS.

Les questions de radiodistribution étant à l'ordre du jour, nous croyons intéressant pour nos lecteurs de faire connaître les solutions qui ont été envisagées dans quelques pays européens et les résultats qui y ont été obtenus (N.D.L.R.).

La Radiodistribution en allemagne.

Après de longues recherches, qui remontent à l'année 1911, la radiodistribution fut introduite le 1er octobre 1924 en Allemagne, et en premier lieu dans la ville de München.

On entend par « radiodistribution » la diffusion des programmes d'émissions radiophoniques par lignes métalliques. Dans les stations de répéteurs des circuits spéciaux pour le relais des émissions radiophoniques, on branche en dérivation sur ces circuits des lignes aboutissant à des « centres de distribution » du service de radiodistribution installés dans des bureaux centraux téléphoniques ; pour transmettre ensuite l'émission radiophonique depuis un tel centre de distribution jusqu'à l'abonné, on utilise les lignes d'abonnés du réseau téléphonique commercial. Les abonnés au service de radiodistribution, qui ne sont pas abonnés au téléphone, sont reliés à un « circuit d'écoute » spécial. Etant donné que le réseau téléphonique sert ainsi à la fois à l'écoulement des conversations téléphoniques commerciales, et à la distribution des émissions radiophoniques, il faut éviter les perturbations d'un service par l'autre et c'est pourquoi la transmission du programme radiophonique s'effectue seulement avec la puissance correspondant à l'intensité acoustique perçue dans un récepteur serre-tête. Quand on emploie un récepteur haut-parleur, il est nécessaire d'utiliser chez l'abonné un amplificateur spécial.

Antérieurement, on transmettait ainsi des pièces de théâtre

entières (représentations à l'Opéra) (1), mais maintenant l'abonné au service de radiodistribution ne reçoit que le programme diffusé par la station correspondante de radiodiffusion. Actuellement, le nombre des réseaux téléphoniques urbains, équipés pour la radiodistribution, atteint 230 en Allemagne.

D'après les recommandations du C.C.I.F. (Livre Blanc 1935, tome III, 3ème partie, Section I) stipulant qu'en aucune partie du réseau téléphonique à grande distance, on ne doit transmettre une puissance supérieure à 50 milliwatts, la tension maximum admissible en radiodistribution, avec une impédance de ligne de 600 ohms, est 5,5 volts. C'est sous cette tension que les programmes radiophoniques sont transmis sur les lignes reliant les stations de répéteurs aux centres de distribution ainsi que sur les circuits d'écoute spéciaux précités ; toutefois, sur les lignes d'abonnés au téléphone, la radiodistribution s'effectue avec une tension réduite à 2,8 volts.

La constitution d'un réseau de radiodistribution est représentée sur la figure 1. Dans un centre de distribution principal A (bureau central téléphonique), il y a un amplificateur de radiodistribution (4) qui, par l'intermédiaire d'un correcteur de distorsion d'affaiblissement (3) et d'un transformateur (2) est relié à une ligne venant de la station de répéteurs (1) du circuit spécial pour le relais des émissions radiophoniques. Le transformateur de sortie (5) de cet amplificateur de radiodistribution (4) a deux enroulements secondaires distincts, alimentant chacun des barres omnibus à 5,5 volts (6) et à 2,8 volts (7). Sur les barres à 5,5 volts, sont branchés les circuits d'écoute pour les groupes voisins d'abonnés au service de radiodistribution — tel que le groupe (8) — ainsi que les lignes de jonction entre le centre de distribution principal A et les centres de distribution satellites tels que B.

Dans le centre de distribution satellite B, il y a les mêmes installations de radiodistribution : transformateur d'entrée (9), correcteur

---

1. A Paris, la compagnie « Le Théâtrophone » assure toujours à ses abonnés la réception en haut-parleur des représentations théâtrales ou musicales qu'ils peuvent choisir et faire varier à leur gré au cours d'une audition. — Pour la description des équipements et de l'exploitation du théâtrophone, voir « L'organisation actuelle du Théâtrophone » par M. Testavin, directeur de la compagnie du Théâtrophone, *Annales des P.T.T.*, n° 1, 1930. (N.D.L.R.).

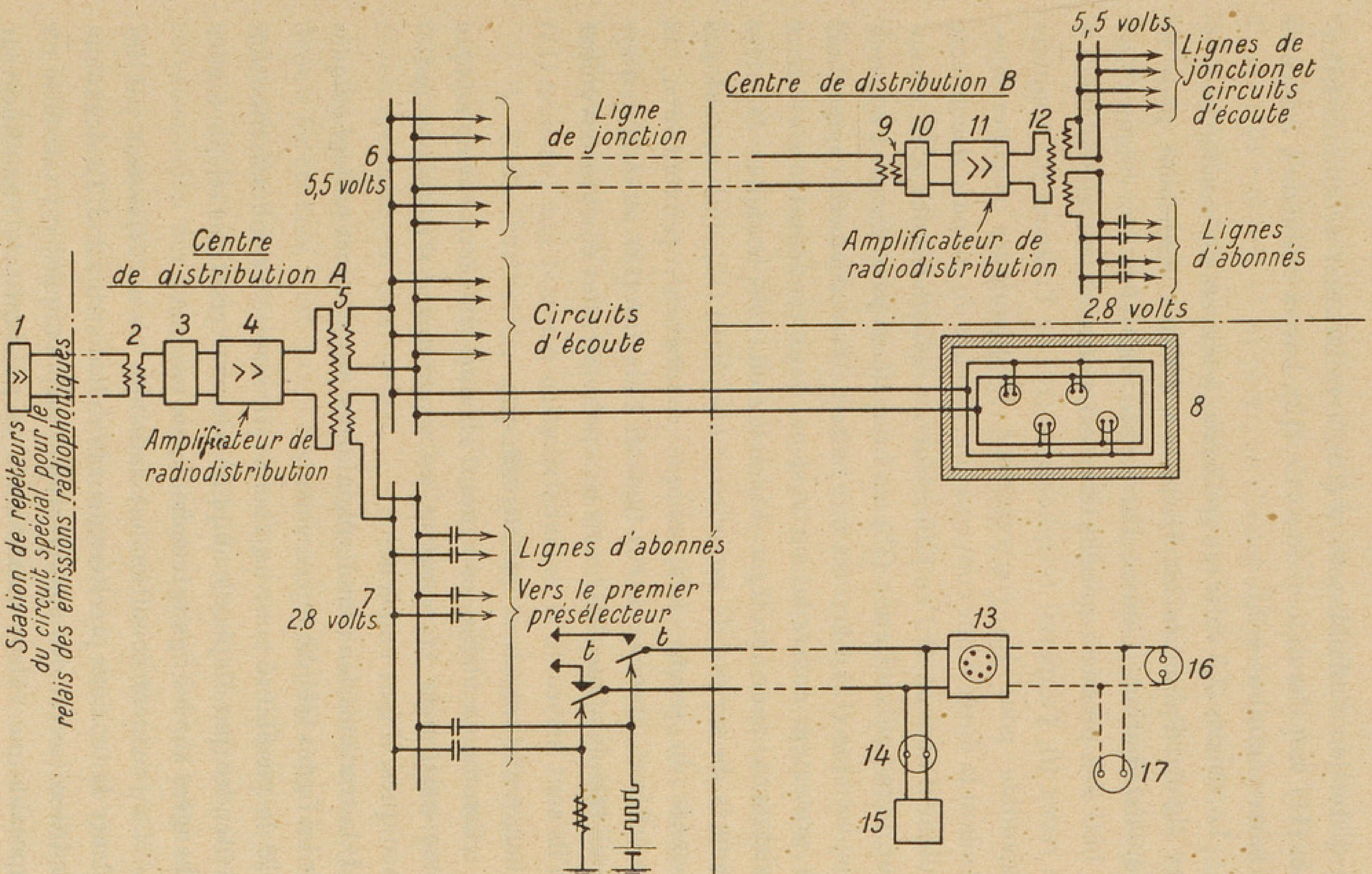

Station de répéteurs du circuit spécial pour le relais des émissions radiophoniques
1
2
3
4
Centre de distribution A
Amplificateur de radiodistribution
5
6
5,5 volts
7
2,8 volts
Ligne de jonction
Circuits d'écoute
Lignes d'abonnés
Vers le premier présélecteur
t
t
Centre de distribution B
9
10
11
12
Amplificateur de radiodistribution
5,5 volts
Lignes de jonction et circuits d'écoute
Lignes d'abonnés
2,8 volts
8
13
14
15
16
17

Fig. 1.

de distorsion d'affaiblissement (10), amplificateur de radiodistribution (11) transformateur de sortie (12), barres omnibus à 5,5 volts et barres omnibus à 2,8 volts.

La tension 2,8 volts est appliquée, à travers des condensateurs, aux lignes d'abonnés au téléphone utilisées également pour la radiodistribution. Comme l'armature du relais de coupure sur le bâti des premiers présélecteurs est normalement sur le contact de repos (*t*), l'appareil téléphonique (13) de l'abonné est toujours disponible pour les conversations téléphoniques commerciales. Pendant la durée d'une conversation, le relais de coupure déconnecte la ligne d'abonné de l'amplificateur de radiodistribution. Le récepteur de radiodistribution (15) est branché en parallèle sur l'appareil téléphonique (13) à travers une boîte de raccordement comportant un protecteur contre les surtensions, deux condensateurs et deux résistances pour protéger l'installation téléphonique. D'autres abonnés du service de radiodistribution (16) (17), qui ne sont pas abonnés du service téléphonique commercial, peuvent être, le cas échéant, branchés sur la ligne de l'abonné (13), au-delà de l'appareil téléphonique (13) ; mais cela présente pour eux l'inconvénient qu'ils sont privés de la radiodistribution pendant que l'abonné (13) échange une conversation téléphonique.

Comme on utilise les lignes d'abonnés du service téléphonique commercial pour transmettre les programmes d'émissions radiophoniques, il faut empêcher :

1° la transmission (par diaphonie) des programmes radiophoniques sur les lignes téléphoniques voisines.

2° la possibilité pour un abonné du service de radiodistribution d'entendre (par diaphonie amplifiée) les conversations téléphoniques échangées sur les lignes téléphoniques voisines.

La première condition est satisfaite en ne dépassant pas les valeurs de tensions précitées pour la radiodistribution. La deuxième condition (secret des conversations téléphoniques) est satisfaite en imposant une valeur maximum à la puissance de l'amplificateur utilisé chez l'abonné du service de radiodistribution.

La radiodistribution a été bien accueillie par le public dans les districts où elle a été installée jusqu'ici, parce qu'elle permet une

réception, toujours bonne et exempte de perturbations, des programmes radiophoniques — parce qu'elle n'exige pas l'emploi d'appareils coûteux — et parce qu'elle ne nécessite qu'une surveillance réduite. Aucune observation défavorable n'a été faite jusqu'ici au sujet de la captation de conversations téléphoniques par diaphonie ou au sujet de perturbations causées (par diaphonie) par la radiodistribution dans le service téléphonique commercial.

La radiodistribution en Suisse.

Le fait que, la Suisse étant dotée d'un réseau très dense de chemins de fer électriques et parcourue en tous sens par des lignes électriques à haute tension, on ne parvient à lutter contre les perturbations radiophoniques qu'au prix d'efforts et de frais considérables et que, dans les vallées encaissées et les parties du territoire fermées par de hautes chaînes de montagnes, on ne parvient même pas à recevoir convenablement les émissions des postes suisses, a engagé l'Administration, dès 1931, à diffuser par fil les émissions radiophoniques. A cet effet, on a adopté deux procédés différents.

1. **Radiodistribution par fils privés.** — L'administration a accordé à deux sociétés privées une concession les autorisant à retransmettre les émissions radiophoniques sur un réseau privé établi spécialement pour ce but.

Au moyen de cette installation, les émissions sont transmises depuis les studios, c'est-à-dire depuis les amplificateurs des circuits musicaux des différentes villes, par les lignes du réseau téléphonique local à une centrale équipée des amplificateurs nécessaires pour la retransmission des émissions sur le réseau privé. Depuis cette centrale, les émissions sont distribuées dans les différents quartiers où des amplificateurs secondaires alimentent chacun un groupe d'abonnés, et parviennent ainsi aux haut-parleurs des auditeurs. On ne transmet sur les lignes de distribution que l'énergie dont les amplificateurs secondaires ont besoin. Ces amplificateurs fournissent directement l'énergie aux haut-parleurs de sorte que les postes d'abonnés n'ont pas besoin d'autre amplification.

Chaque poste récepteur est relié au réseau par une ligne à trois fils. Deux de ces fils servent à la transmission des programmes des postes nationaux de Sottens et de Beromünster, le troisième à la transmission d'un programme étranger. Au moyen d'un commutateur à trois positions, chaque auditeur peut choisir le programme qui lui plaît.

Les émissions étrangères parviennent à la centrale soit par l'intermédiaire d'un poste récepteur radiophonique établi dans une région affectée le moins possible de parasites, soit par les circuits musicaux internationaux.

2. **Radiodistribution par fils téléphoniques.** — L'administration a estimé que, pour elle, il était tout indiqué de mettre à contribution le réseau téléphonique, d'autant plus qu'elle y vit un moyen d'exploiter plus économiquement les raccordements d'appartement peu utilisés. L'union du téléphone et de la radio lui parut être l'occasion d'étendre la popularité du téléphone et de favoriser ainsi son développement :

Afin de permettre à tous les milieux de la population, même à ceux qui ne peuvent pas actuellement faire la dépense d'un abonnement au téléphone, de jouir de la radiodistribution, l'administration a créé les trois genres d'abonnement suivants :

a) Raccordements individuels,

b) Raccordements collectifs,

c) Raccordements de groupes.

Par raccordement individuel, on entend un raccordement destiné à la radiodistribution et réservé exclusivement à l'abonné qui possède le téléphone.

Les raccordements collectifs sont les raccordements téléphoniques auxquels sont raccordés les postes récepteurs de plusieurs auditeurs dont un seul est abonné au téléphone. Ce genre d'installation permet par exemple de faire bénéficier jusqu'à cinq familles habitant la même maison du même raccordement pour recevoir les radioprogrammes. La conception technique de toute l'installation est telle que le secret des conversations échangées sur le raccordement téléphonique est absolument garanti. Aussitôt qu'une

communication téléphonique est établie, les coauditeurs sont sans autre procès exclus de la ligne.

En tant que les disponibilités du réseau téléphonique le permettent, et à condition que 10 abonnés au moins s'annoncent, l'administration met encore à la disposition du public des raccordements de groupes comprenant une ligne d'écoute spéciale qui permet aux habitants d'un bloc de maisons ne pouvant pas utiliser un raccordement téléphonique existant, de jouir quand même de la radiodistribution. On peut relier jusqu'à 50 postes récepteurs sur un seul de ces raccordements.

Le même genre d'installation peut être établi dans les hôtels, les hôpitaux, les sanatoria, etc., qui utilisent jusqu'à 50 stations réceptrices. Les installations les plus importantes sont équipées d'amplificateurs partiels qui permettent de raccorder 100 postes ou même davantage. La puissance de ces amplificateurs auxiliaires peut être choisie de telle manière qu'elle rende superflu l'emploi d'amplificateurs dans les postes d'écoute. On peut équiper de la même manière les raccordements de groupes, ce qui permet d'utiliser un seul amplificateur pour tout un pâté de maisons.

Tandis que les auditeurs des petits réseaux ne peuvent recevoir que les émissions du poste national de leur région, ceux des villes et des localités importantes, dont les centraux sont installés pour les programmes multiples, ont la possibilité de choisir entre plusieurs programmes en se servant d'un commutateur de programmes.

Lorsqu'on utilise le réseau téléphonique public pour transmettre les productions radiophoniques, on doit veiller à tout prix à ce que la sécurité du service téléphonique reste assurée et à ce que le trafic téléphonique puisse s'écouler sans être gêné par des perturbations. Afin que les conversations ne soient pas troublées par la diaphonie provenant de la radiodistribution, la tension d'émission utilisée, c'est-à-dire celle observée au commencement de la ligne doit être de l'ordre de celle utilisée pour une conversation téléphonique.

On a constaté que lorsqu'un réseau est bien entretenu, c'est-à-dire lorsque la diaphonie entre deux circuits d'abonnés voisins est

inférieure à 7,5 népers, on peut encore admettre au commencement de la ligne une tension de 2,5 volts à 800 p : s.

Avec cette tension, on obtient à l'extrémité de la ligne, c'est-à-dire à l'entrée du récepteur, environ 2 volts, tension qui garantit une réception au haut-parleur suffisamment forte pour un appartement, même avec un amplificateur à un étage.

La puissance de sortie, c'est-à-dire l'amplification dans le poste d'abonné a été limitée à 2 watts pour éviter les réactions sur le réseau téléphonique.

Une amplification de puissance supérieure n'est tolérée que dans les cas où les lignes ne sont pas, en même temps, utilisées pour le téléphone. Sur les lignes de ce genre, on peut diminuer considérablement la diaphonie en intercalant des translateurs à chaque extrémité de manière que les réactions sur le réseau soient moins à craindre.

Les amplificateurs de centraux sont alimentés directement par le secteur. Ils transmettent une bande de fréquences de 50—10000 p : s avec une perte d'environ 0,3 néper en bordures de la bande. Les organes de contre-distorsion permettent de transmettre à l'extrémité de la ligne d'abonné une bande de fréquences d'environ 100 — 5000 p : s

Dans les réseaux qui ne comptent qu'un petit nombre d'abonnés, on utilise des amplificateurs ayant une puissance de sortie de 1,5 watts. Les grands réseaux sont alimentés par un équipement comprenant un amplificateur d'entrée et 1 à 4 amplificateurs de puissance à 10 watts de puissance de sortie chacun.

Les transformateurs de sortie ont une faible résistance afin d'empêcher autant que possible des variations de fréquence lorsque la charge supportée par l'amplificateur se modifie.

On raccorde les lignes d'abonnés aux transformateurs des amplificateurs de centraux à travers des condensateurs de 4 microfarads dans les réseaux à batterie centrale et de 2 microfarads dans les réseaux à batterie locale en croisant chaque deuxième fil de radiodistribution.

Les courants partiels qui se dirigent vers la batterie commune sont ainsi pratiquement supprimés.

En outre, ces croisements diminuent la diaphonie sur le réseau souterrain. Là aussi, les courants induits s'annulent plus ou moins complètement par suite des changements de direction produits par les croisements. Enfin, on améliore ainsi la symétrie du circuit d'abonné par rapport au réseau.

Dans les centraux équipés pour le choix des programmes, les organes d'appel de chaque abonné sont pourvus d'un petit sélecteur à 10 contacts auxquels sont raccordés les différentes lignes servant à la transmission des programmes.

Au moyen d'un bouton ou d'un commutateur analogue à un disque d'appel, l'abonné peut faire avancer pas à pas le sélecteur des programmes et obtenir ainsi le programme de son choix. Le sélecteur utilisé pour le choix des programmes n'a pas été établi spécialement à cet effet ; c'est un sélecteur rotatif à 12 pas, du genre de ceux utilisés en téléphonie automatique comme présélecteurs, par exemple. Pour diminuer la diaphonie dans le banc des contacts du sélecteur, on a eu soin de toujours laisser un contact libre entre deux contacts de programmes. Le banc est ainsi divisé en 6 contacts de programmes et 6 contacts libres. Grâce aux contacts libres, on évite que deux lignes de transmission ne soient connectées en même temps, c'est-à-dire que deux programmes ne se mélangent pas dans le cas où, par suite d'un défaut quelconque, les bras du sélecteur de programmes viendraient à toucher deux contacts voisins. Le relais qui reçoit les impulsions du bouton des programmes actionné par l'abonné et les retransmet au sélecteur des programmes est formé de telle manière qu'il peut être utilisé aussi bien comme relais ordinaire que comme relais différentiel. Le montage différentiel a pour but d'empêcher que le relais ne soit actionné par l'intermédiaire de la ligne d'abonné lorsqu'il se trouve connecté à des circuits d'appels de faible résistance (relais d'appel), c'est-à-dire lorsque le contact de la fourchette est fermé.

MUSÉE POSTAL

Chaque bâti de sélecteurs est équipé d'un dispositif de blocage comprenant un condensateur électrolytique de forte capacité et deux bobines de réactance pour empêcher le passage des émissions d'un circuit sur l'autre.

A la fin de 1934, l'effectif des auditeurs suisses de radiodistribution par fil se répartissait comme suit :

a) abonnés des sociétés privées	15.961
b) abonnés à la radiodistribution par fils téléphoniques	22.729
Total	38.690

La radiodistribution aux Pays-Bas.

Les premières expérimentations de radiodistribution furent faites en Hollande en 1924 par des sociétés privées et par le service téléphonique municipal de La Haye sur son réseau téléphonique automatique.

Dans ce pays, trois systèmes de distribution locale se sont principalement développés.

I. Réseaux locaux de radiodistribution. — Système A. — On transmet sur un réseau local (distinct du réseau téléphonique) une énergie élevée pour l'alimentation directe des haut-parleurs. Au bureau central de distribution se trouvent des amplificateurs de branchement (jusqu'à 500 watts) alimentés par des récepteurs radiophoniques installés au bureau même ou à quelque distance pour améliorer les conditions de réception.

L'impédance du réseau est très basse (10 ohms ou moins) et la tension atteint quelques dizaines de volts.

Au commencement, on utilisait des fils conducteurs aériens lesquels sont remplacés de plus en plus par des câbles.

Quelquefois, les centrales se servent de sous-centrales.

Les centrales sont tenues de transmettre les deux programme nationaux (Hilversum et Huizen) et elles peuvent, après avoir reçu le consentement du Ministre des Affaires intérieures, transmettre un ou plusieurs programmes étrangers, complétés de temps en temps par des disques pour les centrales exploitées par des communes. Elles transmettent ces programmes à leurs abonnés au moyen de circuits séparés.

L'abonné dispose d'un commutateur pour le choix du pro-

gramme et d'un régulateur de volume. Il peut se procurer lui-même le haut-parleur qu'il préfère.

On se protège contre des dérangements, par exemple contre les courts-circuits, etc..., au moyen de fusibles et de résistances appropriés. Le contrôle technique des centrales et de leurs réseaux se fait par la Direction générale des P.T.T.

La vérification relative à l'observation rigoureuse des conditions sous lesquelles la licence a été délivrée incombe également à l'Administration des P.T.T.

Le système A, mis en pratique pour la première fois en 1924 à Koog aan de Zaan, est appliqué exclusivement par des sociétés privées et quelques bureaux municipaux. Le nombre de ces centrales de radiodistribution atteint actuellement plus de 700.

Système B. — (Bureau municipal téléphonique de La Haye). — La transmission des programmes aux abonnés qui disposent d'un appareil téléphonique automatique se fait sur les conducteurs utilisés pour les communications téléphoniques.

A la centrale de distribution qui, dans ce cas, se trouve au bureau central téléphonique automatique, on a installé les amplificateurs de branchement fournissant une énergie modérée parce que la transmission des programmes n'applique au réseau qu'une énergie égale à celle employée pour la transmission téléphonique ordinaire. L'abonné doit avoir un répéteur pour amplifier les courants jusqu'au niveau d'énergie nécessaire pour actionner le haut-parleur.

La tension pendant la transmission s'élève à 1 volt à peu près. Comme l'on fait usage des lignes d'abonnés existantes, on a besoin de relais de coupure, placés au bureau central et chez l'abonné, fonctionnant automatiquement, pour donner toujours la priorité aux communications téléphoniques. L'abonné en décrochant est coupé de l'amplificateur et du haut-parleur afin d'éviter l'amplification de sa voix et un couplage par réaction acoustique.

Le service en question donne le choix entre 4 programmes. Chez l'abonné, se trouve un bouton qu'il faut pousser deux fois pour changer de programme et qui correspond avec le commuta-

teur pas à pas situé au bureau central et donnant le programme désiré (voir la figure 2).

Le dit service effectua les premières expériences en 1924 ; le service de la radiodistribution fut ouvert au public en 1926.

Système C. — (Bureau municipal téléphonique de Rotterdam). — Comme à La Haye, on réalise la transmission sur les câbles écoulant le trafic téléphonique automatique.

On donne également le choix entre 4 programmes. Cependant, on a réservé pour ces 4 programmes 4 paires de conducteurs dans les câbles, pour former 4 réseaux séparés, avec des petites stations munies d'amplificateurs de branchement.

Ces amplificateurs et ceux du bureau central principal ont une puissance modérée parce que la transmission des programmes s'effectue au même niveau que pour les communications téléphoniques ordinaires. L'abonné dispose d'un amplificateur muni d'un commutateur d'entrée pour le choix du programme et d'un régulateur de volume. Cet amplificateur est installé par le service de radiodistribution du bureau téléphonique municipal de Rotterdam, lequel entretient également cet amplificateur dont la sortie procure une énergie suffisante pour actionner le haut-parleur.

Le bureau central est relié à une station de réception située en dehors de la ville, afin d'avoir une réception radioélectrique aussi favorable que possible.

Le système en question a été mis en service en 1931.

II. Réseaux de distribution interlocaux de l'administration néerlandaise des P.T.T. — Jusqu'en 1930, les concessionnaires de centrales de radiodistribution ne pouvaient constituer leurs programmes qu'à l'aide de radiorécepteurs installés dans leurs locaux ou placés aux environs, donc en tout cas au moyen d'une installation radioréceptrice.

Les perturbations éprouvées à la réception des émissions de la station d'Hilversum (causées d'une part par l'interférence d'autres stations émettrices, d'autre part par les perturbations atmosphériques) donnèrent lieu à des plaintes sérieuses de la part des abonnés.

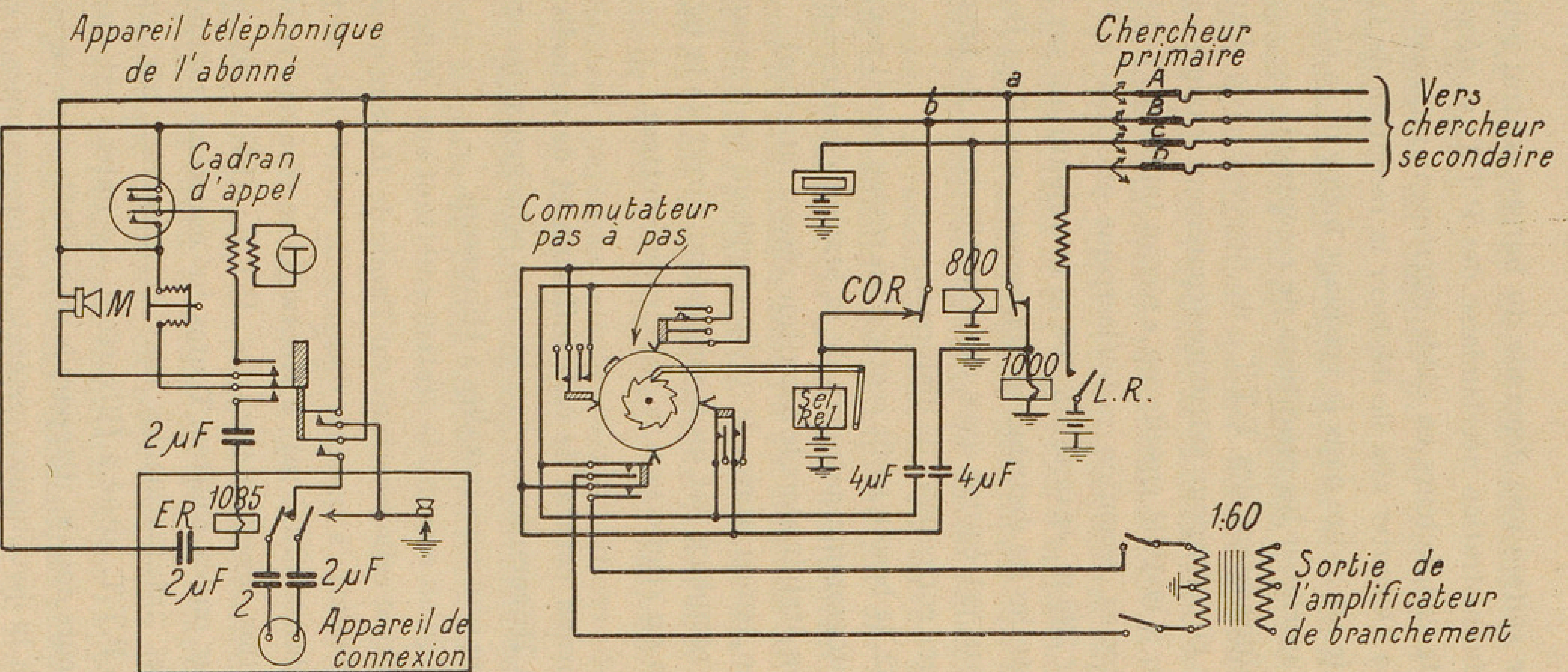

Appareil téléphonique de l'abonné
Cadran d'appel
M
2 μF
E.R.
1085
2 μF
2
2 μF
Appareil de connexion
Commutateur pas à pas
COR
800
1000
Sel. Rel.
4 μF
4 μF
L.R.
Chercheur primaire
a
b
A
B
C
D
Vers chercheur secondaire
1:60
Sortie de l'amplificateur de branchement

Fig. 2.

Comme suite à une demande du bureau central privé de Deventer, l'administration néerlandaise des P.T.T. se décida à louer une paire de conducteurs en câble légèrement pupinisée allant de Hilversum à Deventer afin de déplacer la réception de Deventer à Hilversum (c'est à-dire dans le voisinage même de la station émettrice, pour améliorer les conditions de réception).

L'Administration des P.T.T., ne disposant pas d'un nombre suffisant de circuits pour satisfaire séparément chaque centrale de distribution, a installé ensuite un « réseau interlocal » spécial pour retransmettre la réception radioélectrique effectuée à Hilversum (d'abord sur 296 m, ensuite sur 298 m et aujourd'hui sur 301,5 m), vers les centrales de distribution intéressées, aux Pays-Bas.

Ce réseau est équipé avec des amplificateurs de branchement spéciaux, avec correcteurs de distorsion.

En 1932, le besoin se fit sentir d'un réseau pareil pour le relais de l'autre programme national, de la station émettrice de Huizen (1875 m) ; on établit alors le deuxième réseau interlocal.

Quelque temps après, le radio-récepteur se trouvant à Hilversum fut remplacé par un branchement direct de la ligne allant à Hilversum du studio vers le poste radioémetteur.

III. Bureau central de radiodiffusion et de radiodistribution des P.T.T. à Hilversum. — Les studios principaux des sociétés de radiodiffusion sont tous installés à Hilversum.

C'est là qu'on a établi la station émettant sur l'onde de 301,5 m (Hilversum) et celle émettant sur l'onde de 16,88 m ou sur l'onde de 25,57 m (Phohi) ; à quelque distance de cette ville, se trouve la station de Huizen (1875 m) ; à Kootwijk, se trouvent la station de l'administration néerlandaise des P.T.T. (1875 m) et divers émetteurs sur ondes courtes. Toutes les émissions radiophoniques nationales et internationales sont retransmises par un bureau spécial des P.T.T. situé à Hilversum. Ce bureau est une station d'amplificateurs munie d'appareils de contrôle et de mesure, etc. ; on y effectue la distribution générale des programmes d'émissions (combinaison, commutation, etc...). On peut y exécuter très facilement un branchement sur la ligne studio-émetteur sur laquelle

l'annonceur (au studio de la société de radiodiffusion intéressée) est intercalé également.

Ce branchement est amplifié par un répéteur d'impédance d'entrée très élevée.

L'intensité du courant est réglée en cas de nécessité à l'aide d'un dispositif spécial situé au bureau de Hilversum.

Au sujet de l'installation spéciale décrite ci-dessus, il faut faire remarquer que, aux Pays-Bas, la radiodiffusion est exploitée par quelques sociétés privées de radiodiffusion (A.V.R.O., K.R.O., N.C.R.V., V.A.R.A., V.P.R.O. et quelques autres organisations moins importantes). Dans le cas d'un relais d'émissions radiophoniques, elles louent à l'administration néerlandaise des P.T.T., des circuits munis de répéteurs spéciaux du réseau radiophonique de l'administration. La radiodistribution est un service tout à fait indépendant de la radiodiffusion et exploité par des concessionnaires privés qui possèdent des centrales de distribution et qui peuvent recevoir les programmes émis sur les ondes de 301,5 m et de 1875 m en louant à l'administration néerlandaise des P.T.T. des conducteurs du réseau fixe de radiodiffusion pour l'onde de 301,5 m ou pour celle de 1875 m. Ces deux réseaux sont composés de conducteurs légèrement pupinisés munis d'amplificateurs de branchement.

Le seul point où ces deux organisations exploitantes se rencontrent est le poste du bureau spécial des P.T.T. situé à Hilversum.

***

Diaphonie. — Comme le réseau de radiodistribution utilisé dans le système A décrit ci-dessus est séparé complètement du réseau téléphonique ordinaire, on n'éprouve aucun inconvénient au point de vue de l'induction réciproque. Dans l'application des systèmes *B* et *C*, utilisant les réseaux téléphoniques locaux existants, l'induction réciproque de la radiodistribution et du trafic téléphonique normal dépend des qualités techniques des câbles locaux.

En général, les conditions existant à cet égard sont suffisantes.

Au besoin, on peut cependant réduire la diaphonie au moyen des précautions suivantes :

1. Pendant la transmission on peut élever un peu le niveau d'énergie sur les câbles locaux, par exemple de 0,5 ou 1 néper au-dessus de celui de la parole. Alors la radiodistribution ne trouble pas d'une manière gênante le trafic téléphonique normal et le niveau de la radiodistribution est assez élevé pour ne pas être gêné par le trafic téléphonique.

2. L'impédance de sortie de l'amplificateur de branchement (centrale ou sous-centrale) est maintenue très basse (inférieure à 10 ohms) pour éviter l'influence nuisible des variations de la charge avec le nombre des abonnés en écoute. Vue de l'abonné, l'impédance du réseau est donc très basse aussi et la diaphonie réciproque avec le réseau téléphonique ordinaire (ayant une impépance d'environ 400 ohms) est réduite automatiquement au minimum.

3. On peut mettre à la terre le milieu électrique du réseau de radiodistribution (par exemple le point de symétrie de l'enroulement secondaire du transformateur de sortie de l'amplificateur de la centrale).

4. Dans le système *C* décrit ci-dessus, on peut diminuer l'influence nuisible du déséquilibre causé par les relais sélecteurs (Sel. Rel. sur la figure 2) en divisant chaque groupe d'abonnés en deux parties égales. Les connexions entre le transformateur de sortie de la centrale et le sélecteur d'une moitié du groupe doivent être croisées à l'égard de l'autre moitié de sorte que les déséquilibres se compensent, en général, les uns les autres.

5. Dans la mesure du possible, on choisit les conducteurs ayant dans le câble la position la plus favorable à l'égard des autres conducteurs.

Etat actuel de la radiodistribution aux Pays-Bas. — Le nombre des centrales de radiodistribution en exploitation atteignait au 30 avril 1935 822

Le nombre des abonnés reliés à ces centrales atteignait au 31 mars 1935 341368

dont :

dans la commune d'Amsterdam......................	71376
dans la commune de Rotterdam......................	14566
dans le réseau téléphonique municipal de La Haye......	6227

Les 822 centrales susdites ne sont pas toutes connectées aux « réseaux interlocaux » des P.T.T.

Les programmes internationaux sont distribués toujours à l'aide d'un radiorécepteur local.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Sur les oscillographes cathodiques à vide élevé (Résumé d'un article publié dans la revue *Fernsehen und Tonfilm*, année 1935, pages 1 à 5, sous le titre : « Untersuchungen an Hochvakuum-Braunschen Röhren », par W. Heimann). — Les tubes de Braun à rayons cathodiques et à écran fluorescent sont utilisés de plus en plus soit comme oscillographes sans inertie, soit comme dispositifs récepteurs de télévision. Dans les modèles antérieurs, on utilisait des tubes contenant de légères traces de gaz inerte que les électrons des rayons cathodiques ionisaient ; les ions positifs, relativement lents, restaient pendant un certain temps sur la trajectoire du pinceau cathodique et, par action électrostatique, empêchaient ce pinceau de se disperser sous l'influence de la force répulsive entre électrons ; ces ions positifs remplissaient ainsi un rôle utile puisque, grâce à eux, la trace lumineuse du pinceau cathodique sur l'écran fluorescent conservait de petites dimensions. Mais ces ions positifs, à cause de leur inertie, étaient la cause de distorsions de l'image (courbure des lignes, effet indésirable de plastique, etc...) même lorsque la pression du gaz inerte subsistant dans le tube était très faible (10^{-4} mm de mercure) ; d'autre part, la chute de ces ions positifs sur la cathode du tube endommageait celle-ci, ce qui abrégeait la vie du tube.

Pour ces diverses raisons, dans les oscillographes cathodiques des modèles récents utilisés notamment en télévision, on tend à renoncer à ces traces de gaz et à utiliser des tubes de Braun à vide poussé. Pour assurer la concentration du pinceau cathodique (c'est-à-dire pour lutter contre les répulsions mutuelles entre électrons constituant les rayons cathodiques), on a recours à ce qu'on appelle une « optique électronique » c'est-à-dire à un système d'électrodes portées à des potentiels convenables ou de bobines de champ magnétique appropriées, disposées sur le trajet des rayons cathodiques à l'intérieur ou à l'extérieur de l'ampoule et dont l'action, combinée

avec celle de la grille de commande, doit en télévision permettre d'atteindre les résultats suivants :

1. Le pinceau cathodique doit former sur l'écran fluorescent une tache très lumineuse, à contour très net et de petite surface (0,5 à 1,5 millimètre suivant les dimensions de l'image).

2. La grandeur de cette tache lumineuse ne doit pas varier lorsque la grille de commande module l'intensité lumineuse de cette tache.

Ces résultats ont pu être atteints avec un tube de Braun à vide poussé, pour poste récepteur de télévision conforme au schéma de la figure 1 sur laquelle K représente la cathode chauffée, émettrice d'électrons — W le cylindre de Wehnelt jouant le rôle d'électrode de commande de l'intensité du pinceau cathodique — Z, A une « lentille électronique » qui forme sur le plan S_3 de l'écran fluorescent une « image électronique » de la cathode K ayant seulement 0,8 mm de diamètre, tandis qu'en l'absence de cette lentille électronique la tache lumineuse (image de la cathode) aurait une dimension de 40 mm. A la sortie de l'anode A qui fait partie de la lentille électronique, le pinceau cathodique traverse les plaques de déviation (non représentées sur la figure 1) qui déplacent la tache lumineuse sur l'écran fluorescent en synchronisme avec l'exploration de l'image transmise au poste émetteur de télévision correspondant.

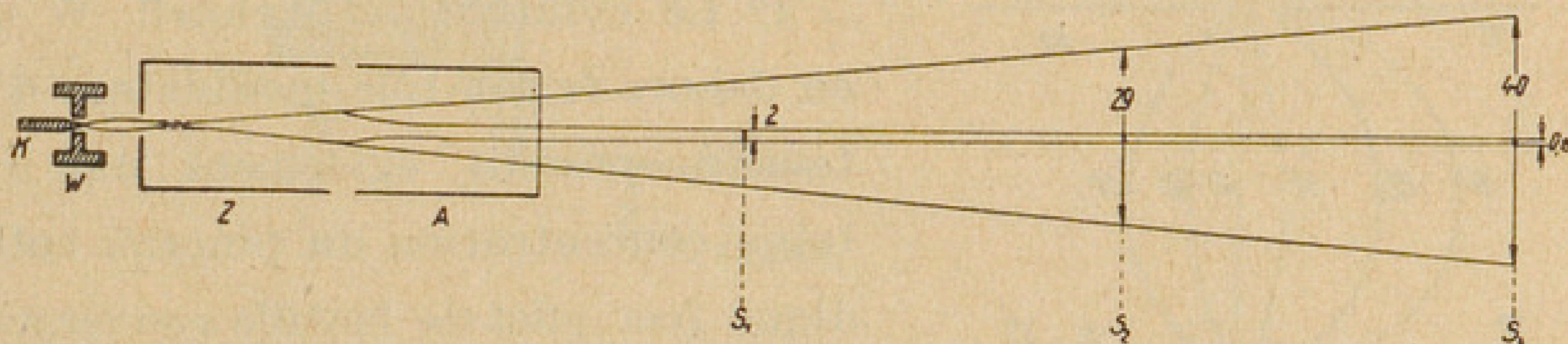


Fig. 1. — Schéma de l'optique électronique utilisée dans un tube de Braun à vide poussé.

Cette « lentille électronique » est constituée par deux cylindres circulaires coaxiaux Z et A. Si i est l'intensité du courant (flux d'électrons émis par la cathode chauffée à travers le petit cylindre de Wehnelt) — si v_e désigne la vitesse des électrons dans le sens des rayons cathodiques — si v_r est la vitesse radiale des électrons due à l'action électrostatique des cylindres Z, A portés à des potentiels appropriés — si c est la vitesse de la lumière — si e est la charge

et m la masse d'un électron — si D_0 est le diamètre du pinceau cathodique à l'origine et D_{min} le diamètre minimum du pinceau cathodique — on a la relation suivante, démontrée par Watson et Zworykin :

$$\log_e \frac{D_0}{D_{min}} = \frac{v_r^2}{2a} \quad \text{avec} \quad a = \frac{2ic^2}{v_e} \frac{e}{m}.$$

Sur la figure 2 on a représenté les surfaces équipotentielles correspondant à la lentille électronique Z, A telle qu'elle fonctionne en service ; on voit que cette lentille est comparable à une lentille optique à immersion, séparant deux milieux d'indices de réfraction constants, mais différents l'un de l'autre.

En réalité, dans le montage de la figure 1, il y a trois éléments d'optique électronique :

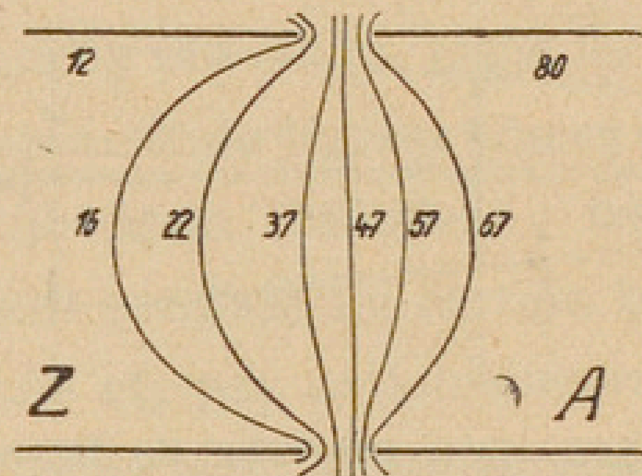


Fig. 2. — Surfaces équipotentielles dans le champ électrique de la lentille électronique.

1° Le cylindre de Wehnelt W qui, en dehors de son rôle modulateur d'intensité, produit également une certaine concentration du pinceau cathodique (cet effet de lentille convergente dépend d'ailleurs, comme le montrent les figures 3*a*, 3*b* et 3*c*, de la distance entre la cathode K et le cylindre de Wehnelt W et aussi des potentiels respectifs du cylindre de Wehnelt W et du cylindre Z de la lentille électronique).

2° La perforation dans la face antérieure du cylindre Z, qui produit également un certain effet de lentille.

3° La discontinuité du champ électrique au passage entre le cylindre Z et le cylindre A (fig. 2), c'est-à-dire la lentille électronique Z, A proprement dite.

Cependant dans l'hypothèse admissible : 1° que l'effet d'optique électronique des deux premiers éléments (cylindre de Wehnelt et perforation de la face antérieure du cylindre Z) modifie peu l'effet de la lentille électronique Z, A ; 2° que le potentiel subit une discontinuité brusque au milieu du champ électrique des cylindres coaxiaux Z et A, on peut admettre la relation suivante, donnant le grossissement V de la lentille électronique en fonction de la dis-

tance a de l'objet, de la distance b de l'image, de la tension U_L sur le cylindre Z antérieur de la lentille électronique et de la tension U_a sur le cylindre-anode A :

$$V = \frac{b}{a}\sqrt{\frac{U_L}{U_a}}.$$

Pour une distance $a = 4{,}2$ cm entre la cathode K (objet) et la lentille électronique (plan de discontinuité du champ), pour une

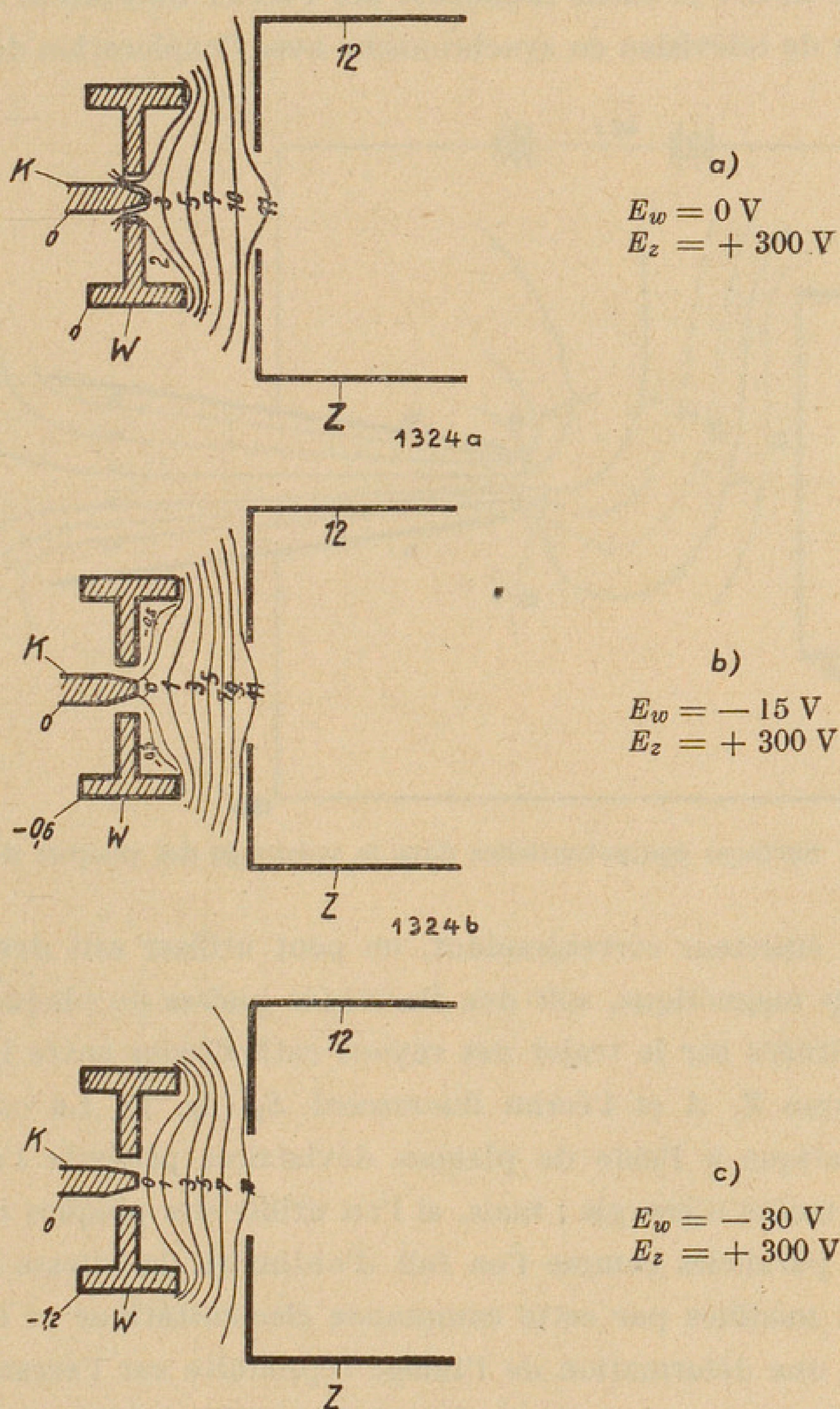


Fig. 3. — Surfaces équipotentielles dans le voisinage du cylindre de Wehnelt W utilisé pour moduler l'intensité du pinceau cathodique.

distance b = 29 cm entre la lentille électronique et l'écran fluorescent sur lequel l'image doit se former, pour une tension de 230 volts (par rapport à la cathode K) sur le cylindre Z, pour une tension de 1.820 volts sur le cylindre-anode A, on a un grossissement V = 2,4. Si l'ouverture de la cathode est 0,3mm, la tache lumineuse formée sur l'écran fluorescent a un diamètre égal à 0,75 mm d'après la formule ci-dessus.

Pour dévier la tache lumineuse sur l'écran fluorescent du poste récepteur de télévision en synchronisme avec l'exploration de l'image

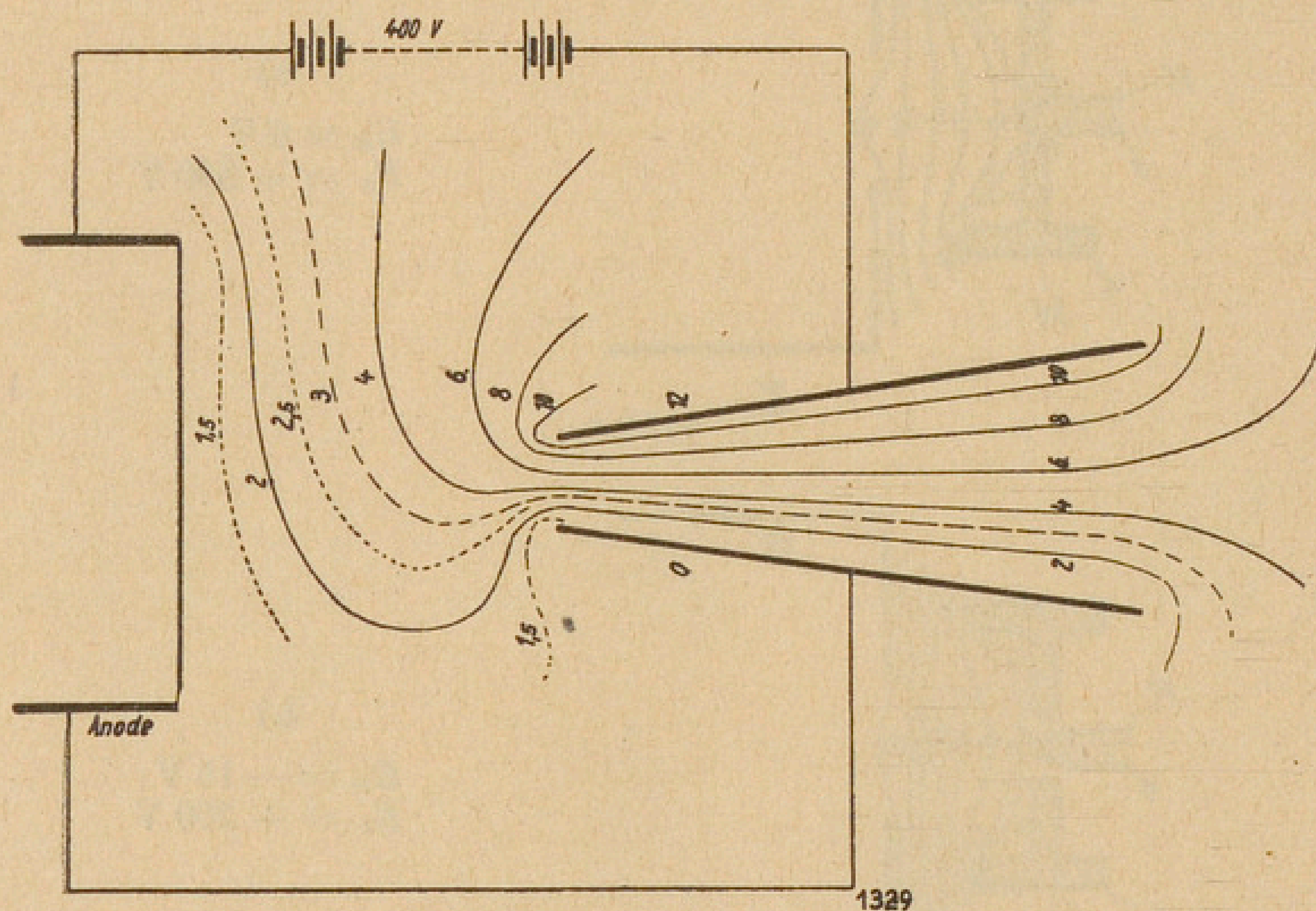


Fig. 4. — Surfaces équipotentielles dans le voisinage des plaques déviatrices.

au poste émetteur correspondant, on peut utiliser soit des bobines de champ magnétique, soit des électrodes (paires de plaques déviatrices), situées sur le trajet des rayons cathodiques entre la lentille électronique Z, A et l'écran fluorescent S_3 (fig. 1). La commande électrostatique à l'aide de plaques déviatrices présente l'avantage d'exiger moins d'énergie ; mais, si l'on utilise des plaques rectangulaires et parallèles comme l'on fait d'ordinaire, la vitesse des électrons est modifiée par cette commande électrostatique et cela peut produire une déformation de l'image reproduite sur l'écran fluorescent, cette image prenant une forme de trapèze au lieu de la forme rectangulaire originelle. Pour remédier à cet inconvénient dans le

tube de Braun à vide poussé dont il est question ici, on a utilisé des plaques déviatrices en forme de trapèzes et disposées l'une par rapport à l'autre comme le montre la figure 4. Le pinceau cathodique (de diamètre 2 mm environ à l'entrée des plaques déviatrices) prend tout d'abord dans son ensemble une vitesse plus élevée, puis une vitesse plus lente (voir la surface équipotentielle 3 sur la figure 4) ; on remédie ainsi à l'effet de déformation précité. En fait avec le tube de Braun en question on a pu obtenir des images de télévision de forme parfaitement rectangulaire et de dimensions 20 × 25 cm, sur un écran fluorescent situé à 50 cm environ de la lentille électronique.

Image électronique d'une photocathode (expérience destinée à étudier le procédé Farnsworth d'émission en télévision) [1]. — Dans le procédé d'émission (par oscillographe cathodique) d'images animées, imaginé par Farnsworth et mis au point par Zworykin, une grille à mailles très fines *Gp* [2] (fig. 1) est recouverte de matière photoélectrique et éclairée par la projection de l'image lumineuse de l'objet *O* à faire voir à distance. Devant elle une autre grille *Ga* à mailles lâches sert d'anode d'accélération. Dans ces conditions tous les points de *Gp* émettent constamment, proportionnellement à leur éclairement, des électrons dont l'ensemble est dévié par deux couples de bobines de champ magnétique *D* et *D'*. A l'autre extrémité du tube se trouve une plaque positive *A* percée en son centre d'un petit trou *t* derrière lequel est placée une petite anode *A'* portée à un potentiel un peu plus élevé. Seuls les électrons issus d'un point *P* de *Gp* arrivent en *t* et atteignent *A'* ; le courant correspondant passe dans la résistance *R* dont les bornes sont reliées à celles de l'amplificateur. Le point *P* est constamment déplacé par les bobines de champ magnétique *D* et *D'*, dont les enroulements sont parcourus par des courants d'oscillations de relaxation variables en fonction du temps, de sorte que l'image de l'objet *O* est explorée dans son

---

1. Résumé d'un article publié dans *Elektrische Nachrichten Technik*, année 1935, pages 68 à 70 sous le titre « Elektron-optische Abbildung von Photokathoden als Grundlage für Fernsehübertragung », par W. Heimann.
2. *Télévision et transmission des images*, par René Mesny.

entier. Pour faire parvenir en *A'* tous les électrons issus de *P*, une bobine de concentration *Bc* (s'opposant à la répulsion mutuelle des électrons) crée dans le tube un champ magnétique sensiblement uniforme et parallèle à son axe.

Pour étudier les points essentiels du procédé Farnsworth rap-

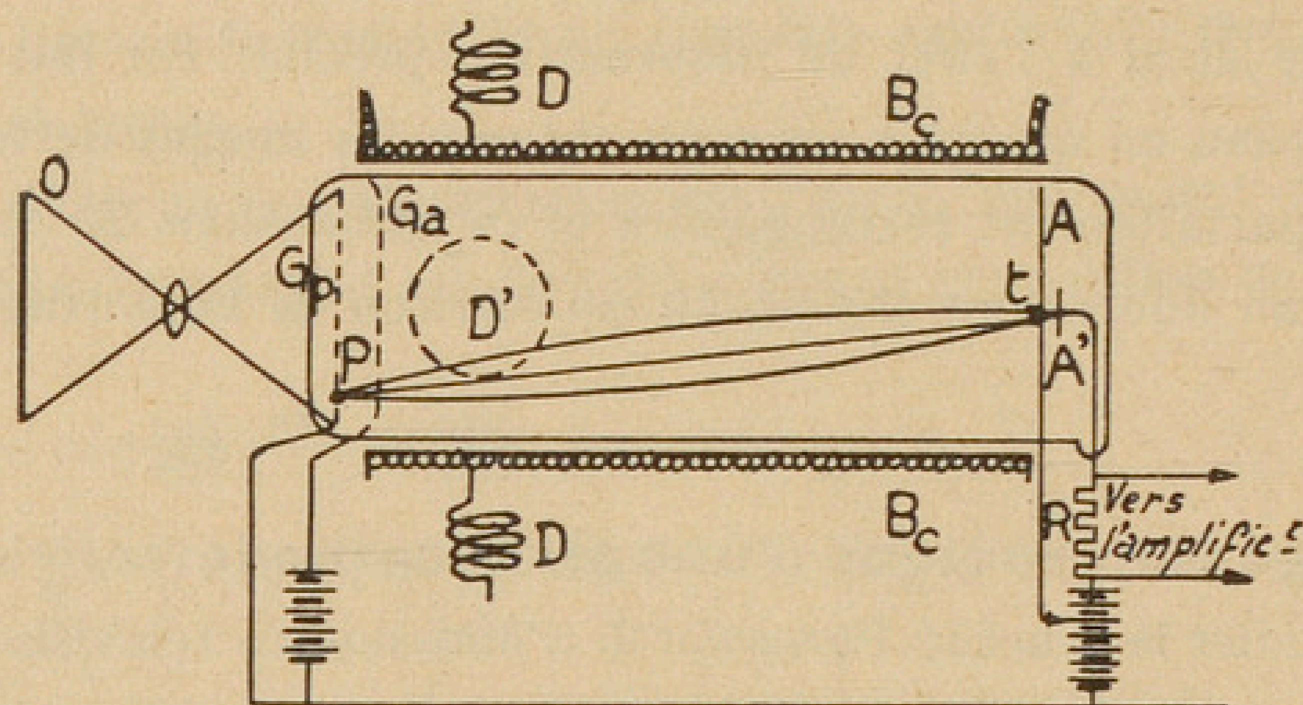


Fig. 1.

pelé ci-dessus, on a procédé à une expérience avec le montage représenté sur la figure 2. L'image lumineuse d'un objet *G*, convenablement et uniformément éclairé, est formée à l'aide de la lentille *L*

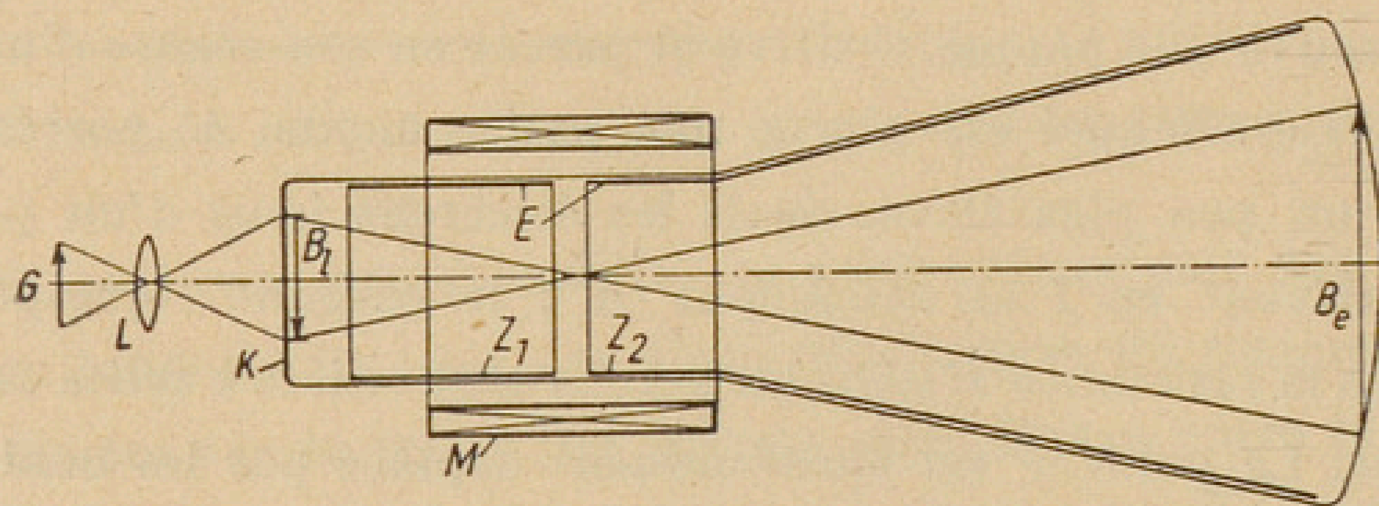


Fig. 2. — Montage expérimental.

sur une cathode photoélectrique transparente K constituée par une couche très mince d'argent sur laquelle un métal alcalin (cœsium) avait été distillé dans le vide (cette photocathode est une couche photosensible du type bien connu Ag — C^2 O — Cs).

Deux « lentilles électroniques », à savoir une bobine de champ

magnétique M et une paire de cylindres coaxiaux Z_1, Z_2 portés à des potentiels convenables produisent de la photocathode K (sur laquelle l'image lumineuse Bl est formée) une image électronique B_e sur un écran fluorescent placé à l'extrémité du tube.

On peut à volonté faire fonctionner seulement la lentille électronique Z_1, Z_2 (en coupant le courant dans la bobine M) ou seulement la lentille électronique M (en portant les deux cylindres Z_1 et Z_2 au même potentiel).

Si l'on fait fonctionner seulement la lentille électronique Z_1 Z_2 (en donnant à Z_1 et à Z_2 des potentiels appropriés et différents l'un

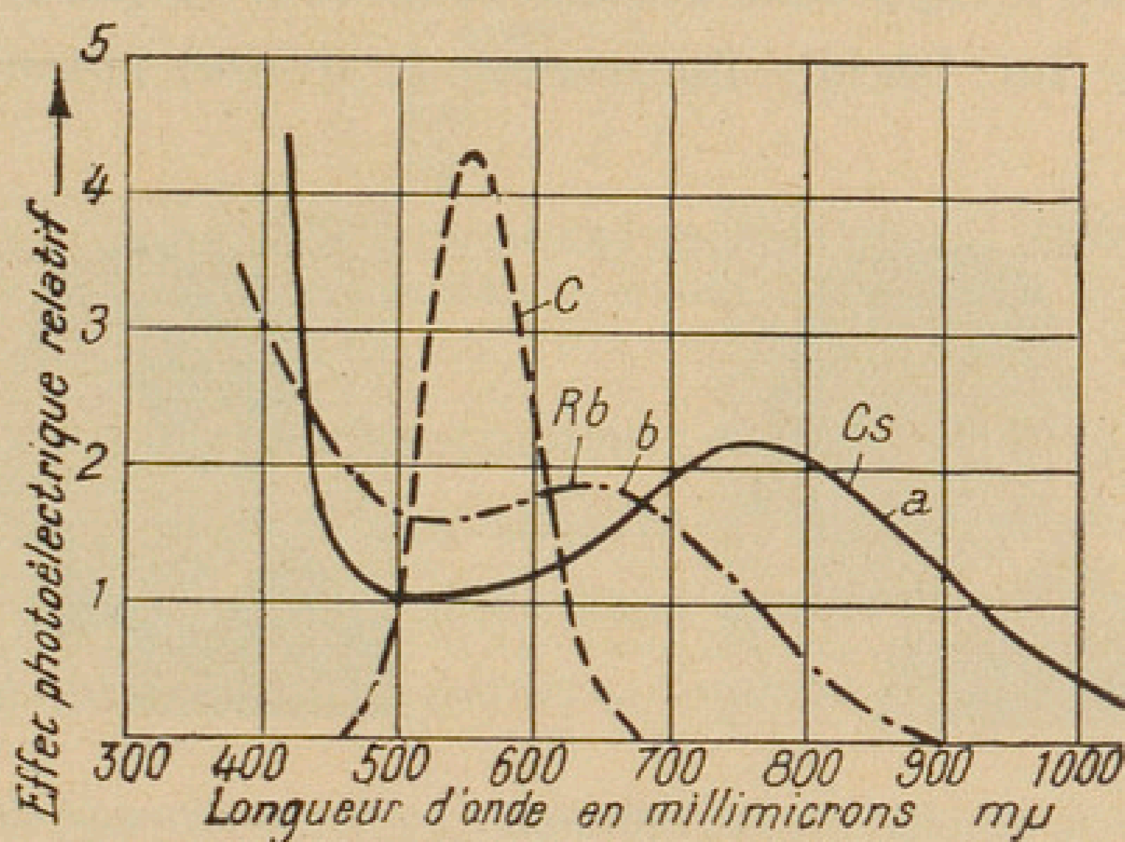


Fig. 3. — Répartition spectrale de la sensibilité de la photocathode ntilisée.

de l'autre) l'image électronique B_e obtenue sur l'écran fluorescent par suite de la discontinuité du champ électrique entre les cylindres Z_1 et Z_2 est tournée de 180 degrés (par rapport à l'image lumineuse Bl). Si au contraire on fait fonctionner la lentille électronique M seule, l'image électronique Be, obtenue sur l'écran fluorescent par suite du déplacement en hélice des électrons, est décalée d'un angle variable à volonté par rapport à l'image lumineuse Bl. En combinant convenablement l'action simultanée des lentilles électroniques Z_1, Z_2 et M, on peut orienter convenablement l'image électronique B_e sur l'écran fluorescent.

La caractéristique d'émission photoélectrique de la photocathode utilisée est la courbe *a* de la figure 3 : les abscisses sont les longueurs d'ondes lumineuses en millimicrons et les ordonnées sont

les effets photoélectriques relatifs. La courbe *b* correspond à une photocathode au rubidium (au lieu du cœsium) ; la courbe *c* correspond à la sensibilité de l'œil humain.

Ces courbes montrent que, si l'on veut transmettre des images à la lumière artificielle (par exemple des films sonores) la photocathode au cœsium convient bien à cause de sa grande sensibilité à la lumière rouge. Si l'on veut transmettre des images à la lumière naturelle (télévision) il vaut mieux employer une photocathode au rubidium dont la caractéristique se rapproche davantage de celle de l'œil humain.

La figure 4 rapproche l'image lumineuse (à gauche) et l'image électronique sur l'écran fluorescent (à droite) obtenues avec un

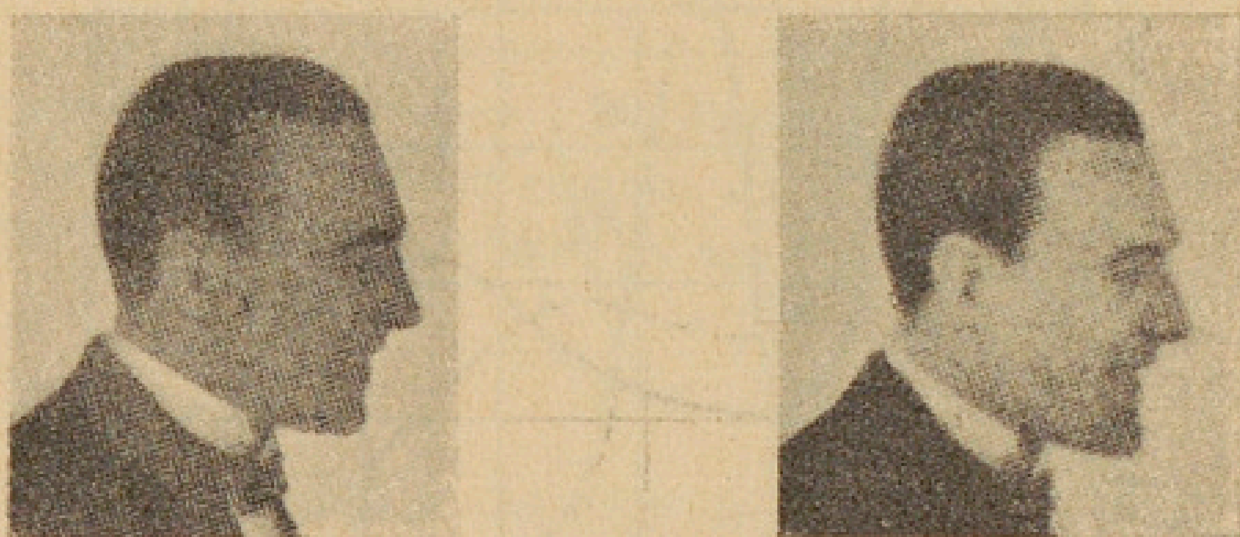


Fig. 4 — à gauche : image lumineuse ; à droite : image électronique.

visage d'homme, au cours de l'expérience effectuée avec le montage de la figure 2. Les demi-teintes sont assez bien reproduites, mais il y a une certaine déformation qui peut être attribuée à des écarts entre la forme réelle de la photocathode utilisée et un plan parfait.

Résultats des mesures de champ effectuées dans la zone d'action du poste émetteur de télévision de Berlin (d'après un article paru dans la revue *Elektrische Nachrichten Technik*, année 1935, pages 3 à 16, sous le titre « Die rundfunkmässige Verbreitung von Tonbildsendungen auf ultrakurzen Wellen in Deutschland », par W. Scholz). — Afin de délimiter la zone d'action effective de la station de radiodiffusion d'images animées de Berlin-Witzleben qui travaille sur l'onde ultra-courte de 6,985 mètres, on a effectué dans la région berlinoise des mesures d'intensité du champ à l'aide de

l'appareil superhétérodyne, représenté schématiquement sur la figure 1. On a tout d'abord mesuré la puissance rayonnée pendant les mesures par l'émetteur non modulé, en utilisant un dipôle (35 m de hauteur) situé à 600 mètres de distance de l'antenne émettrice

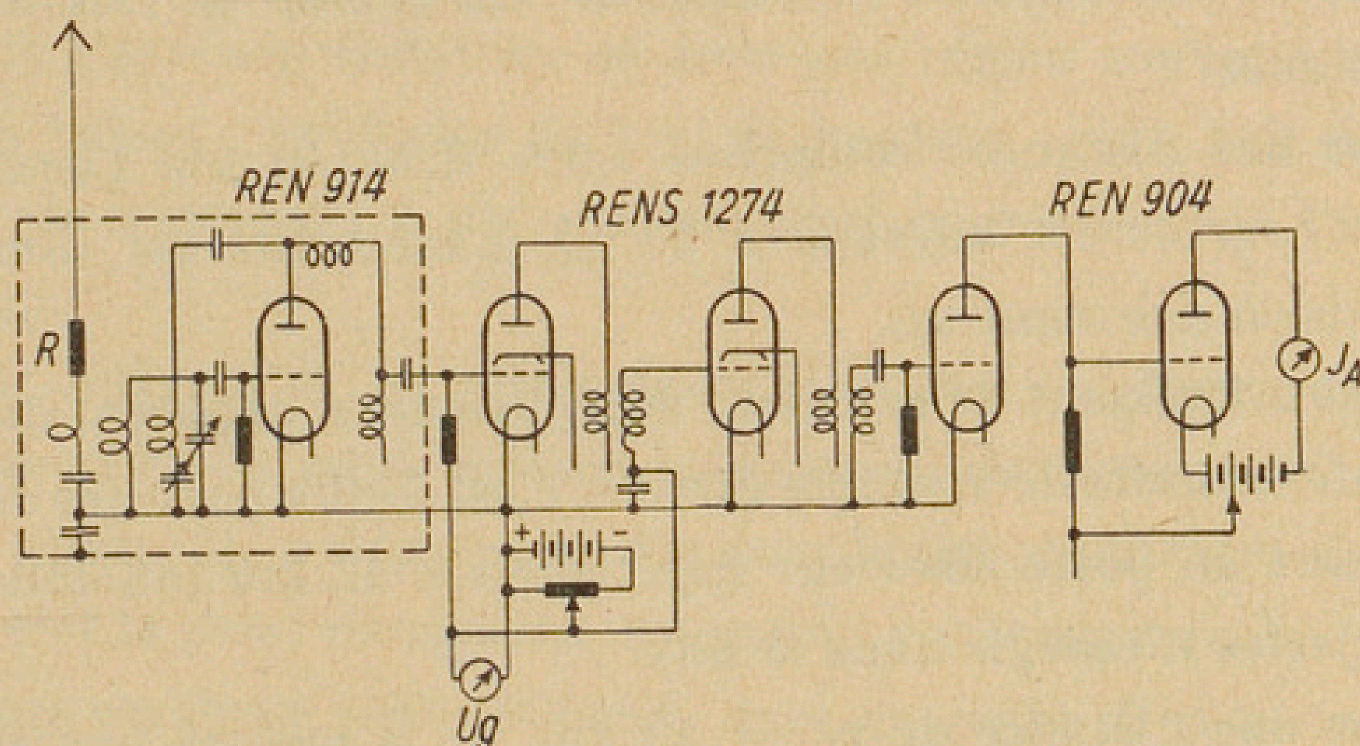


Fig. 1. — Schéma de principe de l'appareil pour la mesure du champ d'un émetteur à ondes ultra-courtes.

et associé à un thermo-instrument ; on a trouvé que cette puissance rayonnée, au moment des mesures du champ dont il est question ci-après, était de 145 watts. Dans une première série de mesures effectuées en terrain découvert, l'appareil de mesure du champ

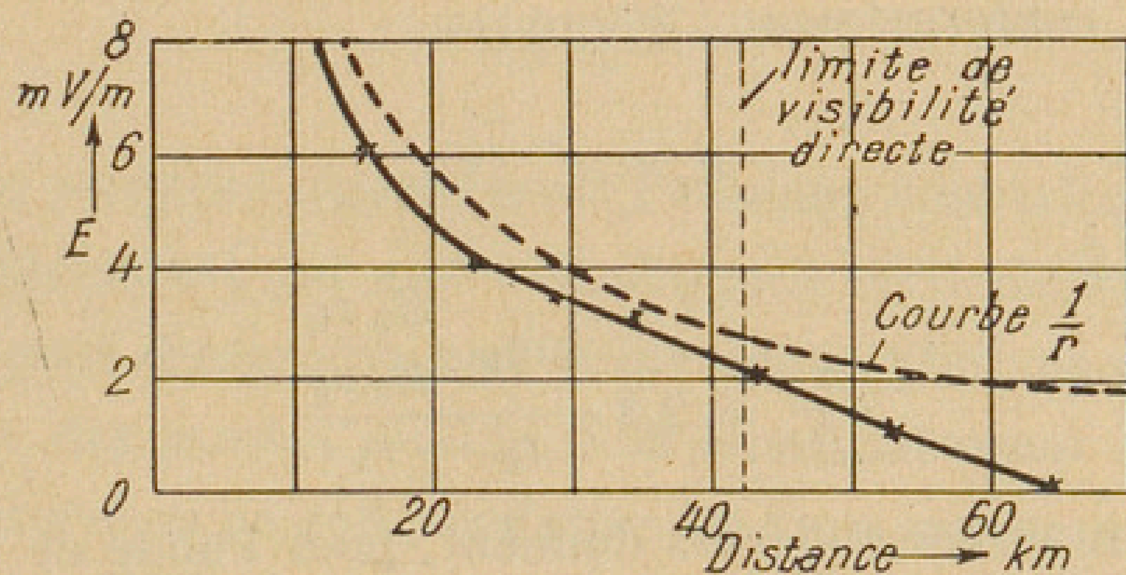


Fig. 2. — Variation, en fonction de la distance, de l'intensité du champ de la station émettrice à ondes ultra-courtes (6,985 m.) de Berlin-Witzleben (radiodiffusion d'images animées).

était placé sur le toit d'un camion automobile, c'est-à-dire à 3 m de la surface du sol ; il était relié à une antenne quart d'onde amortie par une résistance de 250 ohms afin de rendre négligeables les réactions, sur le superhétérodyne, des masses métalliques qui pouvaient se trouver au voisinage d'un point de mesure. Les champs mesurés

sont portés en ordonnées sur la figure 2 tandis que les distances des divers points de mesure sont portées en abscisses. La droite verticale en trait pointillé correspond à la limite de visibilité directe de l'antenne émettrice. La courbe en trait pointillé correspond à la loi théorique de décroissance de l'intensité du champ en raison inverse de la distance.

Pour des distances comprises entre 0 et 40 km l'écart entre les deux courbes est inférieur à 25 % (c'est-à-dire est comparable à la précision des mesures).

Il est intéressant de calculer l'affaiblissement apparent de l'onde, au-delà de la limite de visibilité directe, c'est-à-dire pour des distances par rapport au poste émetteur supérieures à 42 km (affaiblissement dû aux pertes d'énergie dans le sol).

Pour une distance de $r_b = 45$ km, on a mesuré une intensité de champ de $E_b = 2$ millivolts par mètre ; pour une distance de $r_c = 55$ km, on a mesuré une intensité de champ de $E_c = 0,75$ millivolts par mètre.

Si $\frac{\alpha}{\lambda^x}$ désigne la constante d'affaiblissement kilométrique due aux pertes d'énergie dans le sol (pour la longueur d'onde λ), c'est-à-dire si l'on admet que l'intensité du champ E varie, en fonction de la distance r, conformément à l'équation :

$$E = e^{-\frac{\alpha r}{\lambda^x}},$$

on doit avoir :

$$\frac{\alpha}{\lambda^x} = 2,3 \frac{\log_{10} \frac{E_b r_b}{E_c r_c}}{r_c - r_b}.$$

Les valeurs mesurées ci-dessus donnent, pour l'onde de 7 m :

$$\frac{\alpha}{\lambda^x} = 0,1.$$

Une deuxième série de mesures fut effectuée dans la partie bâtie de la banlieue de Berlin et montra que l'affaiblissement du champ électrique rayonné dans une ville par un émetteur d'ondes ultra-courtes dépendait énormément des masses conductrices voisines du point de mesure (bâtiments, structures métalliques, etc...). Voici quelques exemples typiques des résultats de ces mesures.

a) Dans une rue latérale près du bureau de poste de Nauen, à 2 m de hauteur au-dessus de la surface du sol on avait encore 95 % de l'intensité du champ qu'on aurait mesurée à une hauteur de 7 m. Le point de mesure se trouvait dans la zone de visibilité directe de l'antenne émettrice et dans une région couverte de constructions basses ; au-dessus de 7 m de hauteur on ne doit donc pas dans ce cas s'attendre à un accroissement appréciable de l'intensité du champ.

Pour interpréter les résultats de mesures de champ effectuées dans une ville on peut utiliser la formule suivante dans laquelle (voir la figure 3), r désigne la distance horizontale entre l'antenne émettrice et le point de mesure A situé au voisinage du sol, d désigne la distance verticale entre le point A et un point B situé au-dessus

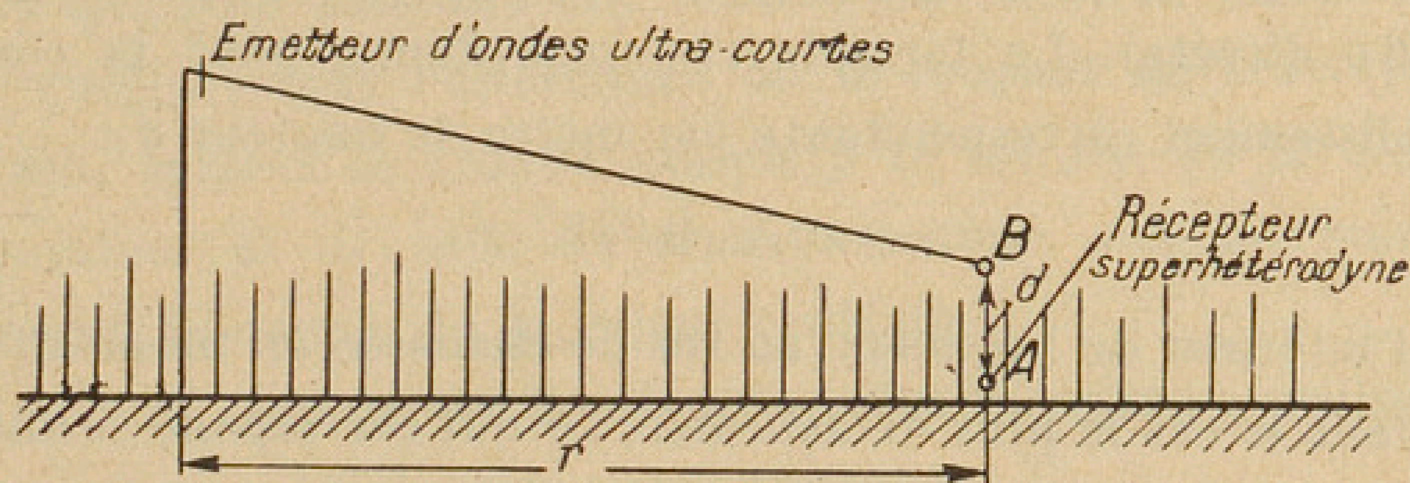


Fig. 3.

de A mais en visibilité directe pour l'antenne émettrice, α la constante d'affaiblissement par mètre de distance verticale d (ici le dénominateur λ^x peut disparaître car, étant donné l'influence irrégulière et importante des masses conductrices immédiatement voisines des points de mesure, on ne doit pas s'attendre à une grande précision dans la détermination de α), N désigne la puissance rayonnée par l'antenne émettrice et E désigne l'intensité du champ mesurée au point A :

$$E = 9{,}5 \frac{\sqrt{N}}{r} = e^{-\alpha d}.$$

Si E_A et E_B sont les intensités de champ mesurées en A et en B, on doit avoir, dans l'exemple ci-dessus :

$$e^{-\alpha d} = \frac{E_A}{E_B} = 0{,}95.$$

d'où si d est exprimé en mètres : $\alpha = 0{,}01$:

b) Dans une maison de quatre étages à Berlin-Weissensee, on a mesuré l'intensité du champ à 3 m de hauteur au-dessus du sol dans la cour et à 20 m de hauteur : le champ à 3 m était égal à 75 % du champ à 20 m. La formule ci-dessus donne pour la constante d'affaiblissement

$$\alpha = 0{,}018 \text{ (par mètre de hauteur } d\text{)}$$

A 3 m de hauteur au-dessus du sol, on trouvait la même intensité de champ dans la cour (en dehors du bâtiment) et à 2,5 m du mur extérieur (dans le bâtiment), ce mur extérieur étant en briques.

c) Dans l'aile ouest du bâtiment du service central technique de l'administration allemande des P.T.T., à Berlin Tempelhof, on a trouvé que, dans une cour étroite, le champ à 5 m de hauteur au dessus du sol était égal à 50 % du champ à une hauteur de 30 m (visibilité directe). La formule ci-dessus donne pour la constante d'affaiblissement correspondante par mètre de hauteur d :

$$\alpha = 0{,}028$$

A l'intérieur du bâtiment, au rez-de-chaussée, on mesurait encore 10 % dans le cas le plus défavorable, ce qui correspond à une constante d'affaiblissement $\alpha = 0{,}09$ par mètre de distance verticale d entre le point de mesure et un point situé sur la même verticale en visibilité directe pour l'antenne émettrice.

Les données numériques ci-dessus peuvent servir de points de repère pour prévoir l'affaiblissement d'une onde ultra-courte (λ = 7 m) dans une grande ville, bien qu'on ne doive considérer la loi exponentielle admise ci-dessus que comme très approximative, parce que, dans la plupart des cas, le milieu où les pertes d'énergie se produisent est très hétérogène.

Sur les décharges en haute tension continue entre électrodes dyssymétriques dans l'air à pression normale (A. Mauduit, *Bulletin de la Société française de Physique*, 5 juillet 1935). — Dans une courte causerie, faite à la section de Nancy, de la Société française de Physique, le 13 juin 1935, M. Mauduit a rappelé d'abord les moyens dont on se sert maintenant pour obtenir les hautes tensions continues.

Ces moyens consistent dans l'emploi d'un transformateur statique à fréquence industrielle à haute tension, et d'appareils redresseurs appelés kénotrons.

Ces kénotrons sont constitués par un filament chauffé par un transformateur spécial et d'une plaque disposée en regard dans une ampoule où règne un vide très poussé ; l'ampoule se termine de part et d'autre par deux tubes cylindriques dont la longueur est prévue suffisante pour empêcher le contournement du tube par la décharge.

Les kénotrons utilisés à l'Institut Electrotechnique sont du type 220 kW maxima avec débit de 200 mA. Pour obtenir une tension continue suffisamment constante, il faut employer des condensateurs et on sait que, dans ces conditions, les kénotrons ne peuvent être utilisés que pour produire une tension moitié de la valeur nominale parce que, pendant l'alternance où le courant ne traverse pas le kénotron, celui-ci se trouve soumis à la somme de la tension du condensateur et de celle du transformateur, soit au moment du maximum, le double de la valeur continue.

On peut obtenir une tension de 220.000 volts en utilisant deux kénotrons groupés d'une façon convenable.

Avec ce dispositif, on peut mettre en évidence les propriétés très curieuses relatives à la dyssymétrie de polarités dans la décharge à travers l'air atmosphérique ; un très bon moyen de mettre des dyssymétries en évidence est de provoquer un éclatement entre une petite boule de 35 mm, par exemple, et une grosse boule de 250 mm. Lorsque la petite boule est positive, les effluves avant décharge prennent la forme d'un dard de chalumeau partant du centre de la petite boule et alimentant un grand éventail violacé. Lorsque, augmentant la tension progressivement, on arrive au voisinage de la décharge, on aperçoit des rayons jaunâtres se diriger de la petite boule vers la grande, et lorsque l'un d'eux atteint la grande boule, la décharge suit immédiatement. Pour une tension de 220.000 volts, la distance d'amorçage atteint environ 320 mm.

Si, modifiant les polarités, on rend la petite boule négative, l'aspect du phénomène change complètement. Plusieurs dards de chalumeau paraissent se détacher de la petite boule en tournoyant

rapidement ; la lueur violacée qu'ils alimentent est beaucoup moins étendue et on entend un sifflement très important. La décharge ne se produit que pour une distance beaucoup plus faible environ 135 mm pour 220.000 volts.

On peut également mettre en évidence une dyssymétrie intéressante des décharges, dyssymétrie qui explique probablement un certain nombre des phénomènes curieux de la foudre. Pour cela il suffit de réaliser un petit orage artificiel, en constituant le nuage par une serviette éponge mouillée, serrée dans une baguette de bois très mince, le courant étant amené par quelques paquets de tournures de fer répandues au-dessus de la serviette ; la terre est figurée par une plaque de tôle placée à une distance de 20 à 30 centimètres, suivant le cas.

Les phénomènes sont essentiellement différents, suivant que le nuage est positif ou négatif. Lorsque le nuage est positif à la tension de 220.000 volts, la décharge se produit à une trentaine de centimètres de distance et si on dispose sur une tôle des punaises ou des semences de tapissier, placées sur le dos et figurant de grands édifices, on constate que les décharges frappent la tôle n'importe où, tantôt sur les pointes, mais le plus souvent entre les pointes.

Quand le nuage est négatif, tout se passe autrement. Si on dispose sur la tôle une ou deux semences de tapissier, placées même un peu excentriquement, on constate que les décharges se produisent uniquement entre le nuage et les pointes sautant quelquefois d'une pointe à l'autre, mais ne frappant jamais la tôle en dehors de ces pointes.

Evidemment, on ne peut prétendre que la serviette mouillée représente exactement un nuage et il est certain que les décharges obtenues dans cet essai sont des décharges oscillantes de condensateur et non les décharges directes multiples qui caractérisent le plus souvent la foudre, mais il n'en ressort pas moins de toutes ces expériences que c'est le champ positif qui semble réglementer la décharge.

Il est donc fort probable que les décharges de la foudre elles-mêmes suivent une loi analogue et que dans les orages à nuage positif l'action protectrice des pointes situées à un niveau élevé au-dessus

du sol est beaucoup moins grande que lorsque le nuage est négatif.

Après cette causerie les assistants sont descendus au laboratoire de l'Institut où les expériences annoncées ont été faites sous leurs yeux, et ont donné les résultats prédits par le conférencier.

INFORMATIONS.

Effets du givre et du brouillard sur les communications téléphoniques à haute fréquence (Extrait d'une étude par L. Cabanes, publiée dans la brochure n^e 233 de la « Conférence internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension » sous le titre « Quelques observations suggérées par l'exploitation du réseau de transport d'énergie électrique à 150.000 et 220.000 V de la Société de transport d'énergie du Centre).

Nous avons décrit sommairement dans le premier chapitre de notre rapport, la consistance du réseau de communications de téléphonie à haute fréquence par ondes dirigées de la Société de transport d'énergie du Centre. Les lignes de transport de cette société étant, pour la plupart, situées dans des régions exposées au givre, nous avons pu constater à plusieurs reprises, quelle peut être l'influence des dépôts de givre ou de brouillard sur ce genre de communication.

Nous avons résumé les observations que nous avons faites, au cours de l'hiver 1933-1934, pendant les périodes de givre, sur la ligne à 150.000 V de Saint-Etienne à Montluçon (longueurs d'ondes utilisées 1935 et 2610 m), (attaque sur un câble conducteur avec retour par la terre).

Nous avons noté les courants mesurés dans le circuit anodique de la lampe détectrice du poste de Saint-Etienne, correspondant aux émissions des différents postes de Montluçon, Bayet et Roanne. Les courants émis dans ces postes étaient sensiblement constants. Comme terme de comparaison, le courant reçu à Saint-Etienne par beau temps a été pris égal à 100.

De ces observations, on peut conclure, pour un système de téléphonie à haute fréquence par ondes dirigées avec attaque sur une seule phase :

Que le givre gêne considérablement et peut même supprimer complètement les communications ;

Que l'affaiblissement est sensiblement proportionnel à l'importance du givre ;

Qu'un certain affaiblissement peut également être la conséquence d'un brouillard suffisamment intense sur une longueur suffisamment grande de la ligne ;

Que l'affaiblissement paraît plus élevé pour les petites ondes que pour les grandes ondes ;

En un mot que les perturbations dues au givre et au brouillard sont d'autant plus sensibles et gênantes pour les communications que les postes correspondants sont plus éloignés.

Il a été remédié en partie aux inconvénients signalés ci-dessus en opérant à Bayet une retransmission pour Montluçon.

En règle générale, on peut dire qu'il conviendra d'être prudent pour fixer la portée de la communication par haute fréquence projetée et, si l'on a à craindre des météores tels que le givre ou des brouillards denses, il y aura intérêt à ne pas exiger du constructeur, dans un but d'économie, de prévoir entre les postes extrêmes la portée maximum admissible par temps normal ; il sera indiqué, en vue d'augmenter la sécurité des communications, de prévoir une retransmission intermédiaire.

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

755.408. Dispositif de réception pour installations de transmission à distance par fréquence d'impulsions (Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

756.039. Disposition pour le réglage du synchronisme dans les systèmes transmetteur et récepteur pour la transmission de signaux télégraphiques d'après le procédé start-stop (Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft, Allemagne).

757.435. Système de communication télégraphique (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

782.256. Dispositif empêchant le faux réglage des sélecteurs dans les installations de transmission automatiques pour téléimprimeurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

782.401. Procédé et dispositif de synchronisation des téléimprimeurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

782.551. Installation de télécommande et de télémesure (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

783.807. Dispositif de translation de signaux télégraphiques (Société d'Études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance, France, Seine).

783.944. Télégraphie multiple à fréquence audible par impulsions brèves (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

45.056. Dispositif de transmission d'ordres ou de signaux (M. Jean Guillemot, France, Indre-et-Loire). — (1re addition au Brevet d'invention n° 770.754).

Téléphonie.

782.553. Système de téléphonie automatique (Compagnie des Téléphones Thomson-Houston, France, Seine).

782.747. Procédé de transmission de signaux, de la parole ou autres, par câbles, à l'aide de courants à haute fréquence (Société C. Lorentz Aktiengesellschaft, Allemagne).

782.809. Obturateur de micro d'appareil téléphonique, assurant l'inviolabilité des conversations avec des tiers (MM. Petitjean (Eugène) et Simpère (Albert), France, Seine).

782.873. Perfectionnements aux installations de télécommunications sur lignes par courants porteurs (Invention B. Carfenay). — (Société : La Haute Fréquence, France, Seine).

782.948. Poste à prépayement pour réseaux téléphoniques automatiques à comptage multiple (Société : Le Taxiphone, France, Seine).

782.964. Amplificateur de ligne pour la téléphonie (Staat der Nederlanden, Etat des Pays-Bas).

783.070. Dispositif de signalisation (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

783.574. Perfectionnements apportés aux moyens pour compter les communications téléphoniques, notamment à ceux pour installations de téléphonie automatique (M. Laporte (Roger-Pierre-Emile), France, Seine).

783.609. Microphone perfectionné (Etablissements Laillier, Pecquet et C^ie^, France, Seine).

783.717. Systèmes de modulation (Lignes Télégraphiques et Téléphoniques, France, Seine-et-Oise).

783.829. Perfectionnements aux systèmes de câbles sous-marins (Electrical Research Products Inc., Etats-Unis d'Amérique).

783.889. Perfectionnements apportés aux étouffeurs d'échos (Société : Lignes Télégraphiques et Téléphoniques, France, Seine-et-Oise).

783.968. Installation pour la transmission multiple, notamment pour la réalisation simultanée de la téléphonie et de la transmission de signaux de courant, par exemple pour télémesure (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaflt, Allemagne.)

784.148. Perfectionnements aux systèmes automatiques ou semi-automatiques ou aux systèmes analogues (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

784.281. Dispositif auxiliaire pour obtenir la formation exacte des numéros dans les appareils téléphoniques automatiques (M. Falchero Daniele, Italie).

784.312. Obturateur de micro d'appareil téléphonique assurant l'inviolabilité des conversations avec des tiers (MM. Petitjean (Eugène) et Simpère (Albert), France, Seine).

45.185. Câble téléphonique à longue distance, à compensation du brouillage électromagnétique (Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Allemagne). — (1^re^ addition au brevet d'invention n° 664.529).

Transmission des images.

779.762. Dispositif multiplicateur d'électrons (Television Laboratories Ltd, Etats-Unis d'Amérique).

> Le vide est créé dans un tube 1 (fig. 1) jusqu'à un degré tel que le libre parcours moyen des électrons soit égal au moins à plusieurs fois la longueur du tube. Aux deux extrémités du tube se trouvent des cathodes 2,2 : ce sont des électrodes de nickel dont le potentiel moyen est négatif et qui sont recouvertes, sur leurs faces en regard, d'une couche de césium ou de toute autre substance à pouvoir émissif élevé (émission secondaire d'électrons). Un cylindre

anodique 5 est disposé entre ces cathodes ; sa forme et sa position sont telles qu'il est mathématiquement improbable qu'un électron soit arrêté par l'anode dans un seul trajet entre les cathodes ; mais, par contre, après un nombre suffisant de trajets, cet électron sera certainement capté par l'anode. En outre, un solénoïde 6, entourant le tube et parcouru par le courant continu d'une batterie 7, produit un champ magnétique longitudinal qui tend à maintenir pendant un

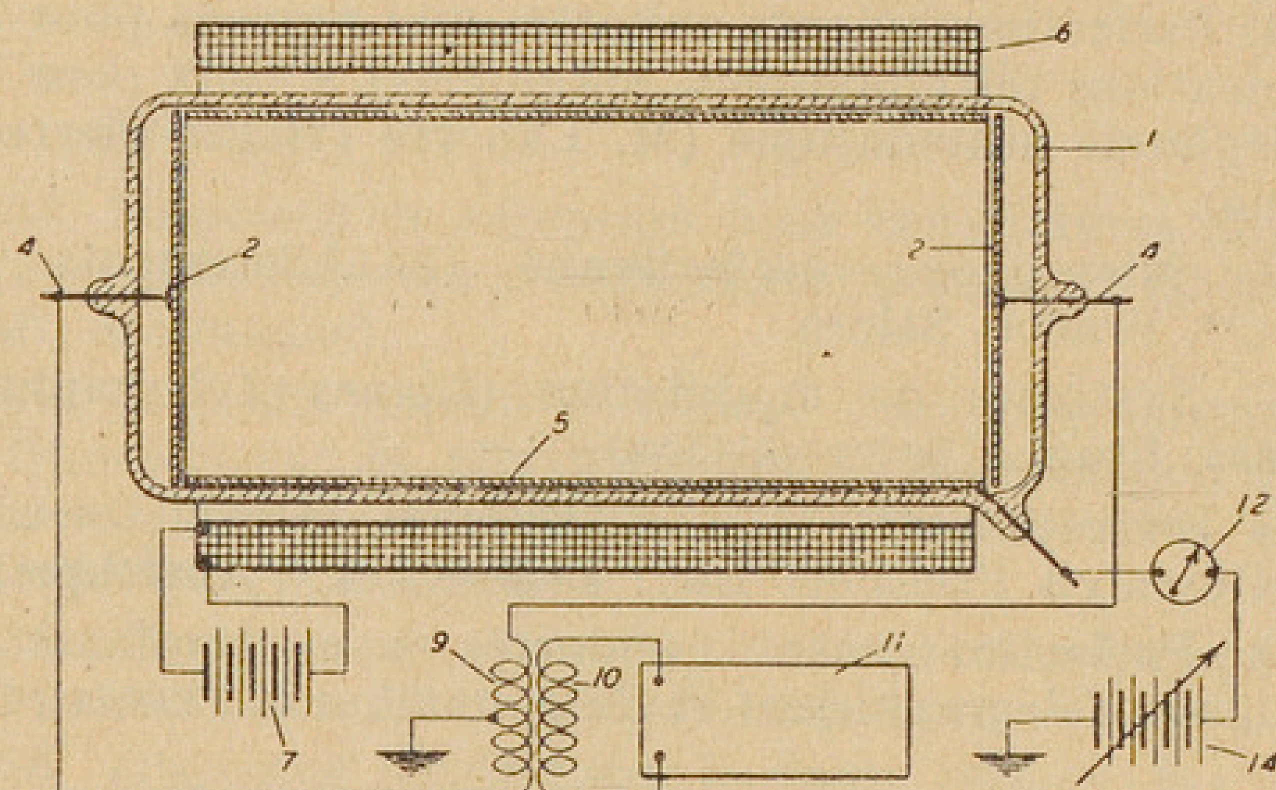


Fig. 1.

certain temps les électrons sur des trajectoires qui évitent l'anode. Enfin les cathodes 2 sont reliées aux extrémités de l'enroulement secondaire 9 d'un transformateur haute fréquence (dont le centre est à la terre) tandis que l'enroulement primaire de ce transformateur est relié à un oscillateur 11. L'anode 5 est reliée à travers un

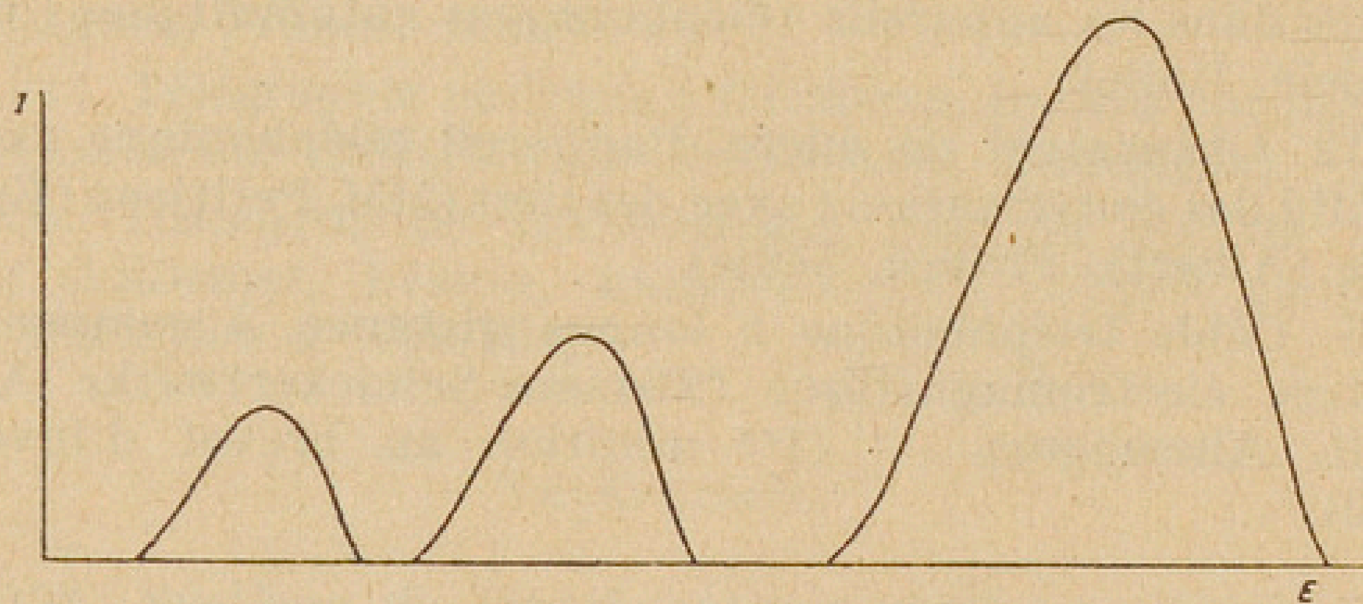


Fig. 2.

instrument de mesure 12 au pôle positif d'une source de tension réglable 14 dont le pôle négatif est mis à la terre.

Supposons que des électrons soient émis par un point de la cathode 2 située à gauche du tube et que la tension alternative entre les deux cathodes 2,2 soit par exemple de 50 volts à la fréquence de 10 à 100 mégacycles. Si on accroît graduellement le potentiel E appliqué à l'anode 5, à partir de la source 14, on recueille dans l'instrument de mesure 12, un courant I dont les variations sont représentées sur la figure 2.

Les pointes de la courbe ont lieu lorsque la durée moyenne du trajet des électrons est égale à un nombre impair de demi-périodes du potentiel alternatif de la cathode (les trois pointes représentées sur la figure 2 correspondant respectivement à cinq, trois et une demi-période). Le potentiel d'anode n'a d'effet que sur la vitesse moyenne des électrons à travers le tube et non sur la vitesse du choc puisque l'accélération qu'il donne à un électron quittant une des cathodes est exactement neutralisée par le ralentissement imposé au même électron lorsqu'il s'approche de l'autre cathode. Plus le potentiel d'anode est élevé et plus la durée du trajet est courte ; par suite la pointe du courant I, correspondant sur la figure 2 à la tension E la plus élevée, représente une durée de trajet d'une demi-période et est généralement plus haute que les autres pointes obtenues dans des conditions égales par ailleurs.

La caractéristique de la figure 2 fait immédiatement apparaître diverses possibilités d'utilisation de ce dispositif : les courbures peuvent être utilisées pour des redressements ou des modulations du courant de sortie I par variation du potentiel d'anode E ; les régions à résistance négative permettent de réaliser un générateur d'oscillations, etc...

L'objet plus particulier du brevet est l'emploi de ce dispositif comme « multiplicateur d'électrons » (ou amplificateur de courant) ; cela consiste par exemple à interrompre périodiquement le fonctionnement à des intervalles assez courts comportant tous le même nombre de demi-périodes du potentiel alternatif des cathodes, et par suite le même nombre de chocs avec émissions d'électrons secondaires (c'est-à-dire le même nombre de chocs multiplicateurs), de sorte que le courant de sortie moyen au cours de l'intervalle considéré est proportionnel au nombre d'électrons initiaux produisant des chocs au cours de cet intervalle.

Le brevet prévoit par exemple l'application de ce dispositif multiplicateur d'électrons à l'amplification des signaux de télévision produits par un émetteur à oscillographe cathodique (procédé Farnsworth). Dans ce cas la cathode 2 à gauche de la figure 1 est perforée en son centre d'un petit trou placé au voisinage et en regard du trou d'exploration de l'anode de l'oscillographe Farnsworth ; à chaque instant, le nombre d'électrons traversant le trou de la cathode 2 et pénétrant dans le multiplicateur d'électrons (situé évidemment alors dans la même ampoule que l'oscillographe Farnsworth) est proportionnel à la brillance du point (de l'image à transmettre) qui est exploré à l'instant considéré. Dans cette application on superpose au potentiel moyen continu de l'anode un potentiel alternatif de fréquence élevée et appropriée, et on recueille aux bornes d'une résistance de sortie en série avec l'anode une tension variable constituant les signaux de télévision amplifiés par le multiplicateur d'électrons.

782.993. Amplificateur pour la télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

783.602. Perfectionnements aux systèmes de transmission d'ondes (A.C. Cossor Limited, Angleterre).

783.612. Perfectionnements aux systèmes de télévision, de télécinématographie ou analogues (Robert Lyon et A.T. Stoyanowsky, Frnace, Seine).

783.996. Montage pour l'utilisation de tubes de Braun à déviation

électromagnétique du faisceau (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

45.063. Dispositif d'audion pour récepteurs à ondes ultra-courtes particulièrement destiné à la télévision (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne). — (1re addition au brevet d'invention, n° 770.575).

45.091. Dispositif téléindicateur électrique (Société Schneider et Cie, France, Seine). — (1re addition au brevet d'invention n° 772.374).

45.199. Système de télévision (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique). — (1re addition au brevet d'invention n° 762.628).

Radiocommunications.

782.162. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs (Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine).

782.168. Dispositif d'indication des stations dans les appareils de radio-communication (Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

782.285. Nouveau procédé de réception d'ondes radioélectriques par changement de fréquence (Invention : Tarel Georges, Bastide André et Duzea Léon. — (Sonora Radio S.A., France, Seine).

782.631. Montage de transposition (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

782.632. Perfectionnements aux oscillateurs (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

782.770. Système de contrôle automatique du volume pour des radio-récepteurs (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

782.838. Perfectionnements à la réception de fréquences porteuses modulées (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

782.901. Perfectionnements aux antennes de T.S.F. (Société Indépendante de Télégraphie sans fil, France, Seine).

782.923. Perfectionnement aux appareils de télégraphie et de téléphonie sans fil ou analogues, particulièrement applicable aux amplificateurs à haute fréquence (M. Vitus (Fernand), France, Seine).

782.988. Dispositif de réglage volumétrique du son dans les haut-parleurs (Invention Jacob Yolle). — (Sonora Radio S.A., France, Seine).

783.003. Appareil de réception de radio-communication (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b. H, Allemagne).

783.004. Système de modulation pour radio-communication. Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

783.136. Démodulateur à diodes (The General Electric Company Limited, Angleterre).

783.137. Démodulateur à grille-écran (The General Electric Company Limited, Angleterre).

783.138. Régulateur automatique du volume du son pour radio-récepteurs (The General Electric Company Limited, Angleterre).

783.196. Système de réglage pour postes de T.S.F. (M. Constantin Vinogradoff, France, Seine).

783.289. Perfectionnements aux appareils récepteurs radiophoniques (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

783.342. Récepteur à multiplication de fréquence pour onde modulée en phase (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

783.368. Perfectionnements aux installations de communication par impulsions électriques (International Business Machines Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

783.401. Procédé de réception d'ondes ultra-courtes au moyen de tubes montés à champ freinant (Julius Pintsch Aktiengesellschaft et M. Karl Kohl, Allemagne).

783.411. Procédé pour la modulation dans les émetteurs à haute fréquence (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

783.448. Antenne de T.S.F. (M. Joseph Théodore Szek, Belgique).

783.483. Perfectionnements aux systèmes de synchronisation (Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz, France, Seine).

783.491. Alimentation anodique par cellule individuelle des étages successifs des amplificateurs et disposition interne spéciale des lampes de T.S.F. en permettant application (M. Robert,Bénédict Goldschmidt, France, Seine).

783.521. Perfectionnements aux oscillateurs à lampes triodes et analogues (Compagnie générale de Télégraphie sans fil, France, Seine).

783.549. Dispositif pour logement de pick-up dans les appareils radiophoniques (M. Batelier Félicien, France, Vaucluse).

783.573. Bafle extensible et montage flottant du haut-parleur à l'usage des postes récepteurs T.S.F. et amplificateurs (M. Guédon (Joseph), France, Gironde).

783.577. Vibreur pour postes de T.S.F. sur voitures automobiles et autres applications (M. Gaglio (Jean), France, Alpes-Maritimes).

783.652. Perfectionnements à la disposition des circuits-filtres et aux éléments de résistances susceptibles d'y être incorporés (Marconi's Wireless Telegraph Company Limited, Angleterre).

783.752. Antenne destinée particulièrement à la réception d'ondes ultra-courtes (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

783.769. Dispositif de réglage de poste récepteur de T.S.F. (Sonora Radio S.A., France, Seine).

783.817. Système de réglage pour postes récepteurs de T.S.F. (Invention Georges Tarel). — (Sonora Radio S.A., France, Seine).

783.873. Dispositifs amplificateurs avec couplage par réaction (M. Günther Krawinkel, Allemagne).

783.974. Montage récepteur comportant une amplificatrice directrice couplée à réaction (M. Willy Neumann, Allemagne).

783.987. Radiogoniomètre spatial (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

784.020. Système de transmission et de réception pour dispositif imprimeur radio-type (International Business Machines Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

784.052. Lampe à décharges électriques, en particulier lampe de T.S.F. (Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

784.136. Perfectionnements aux systèmes radio-récepteurs (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

784.186. Perfectionnements aux postes récepteurs de T.S.F. (MM. Arthur William Stapleton, Rodney Herbert Hatfield et Reginald Lawler, Grande-Bretagne).

784.294. Montage récepteur pour haute fréquence (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

784.345. Perfectionnements aux systèmes directifs sans fil applicables à la navigation (Marconi's Wireless Telegraph Company Limited).

45.116. Dispositif émetteur particulièrement applicable aux installations à ondes courtes et ultra-courtes (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne). — (1re addition au brevet d'invention, n° 770.626).

BIBLIOGRAPHIE.

Les filtres électriques, par Pierre David, préface du Général Ferrié, deuxième édition, Paris, 1935, Gauthier-Villars, 55, quai des Grands Augustins, 1 vol. 25 × 16, de 210 pages avec 37 figures. Prix : 50 francs.

Une première édition de ce livre, parue en 1926, traitait de la théorie, de la construction et des applications des filtres de Campbell et Wagner, d'après les travaux de Carson, Zobel et Johnson : dans ce premier type de filtres, l'effet de filtrage est obtenu en disposant en série un certain nombre de quadripôles, identiques ou non.

D'autres chercheurs (Cauer notamment) ont résolu depuis le problème du filtrage en recourant, non pas à une chaîne de cellules, mais à une cellule unique. M. Pierre David, qui ne dissimule pas sa sympathie pour les filtres simples des radioélectriciens, moins généraux mais souvent plus commodes que les structures itératives de Zobel, a complété la première édition de son livre par un nouvel exposé complet sur les filtres. Procédant du simple au complexe, suivant un plan entièrement original, l'auteur étudie les propriétés sélectives du résonateur simple, des dipôles, des groupes de dipôles, des cellules et des chaînes de cellules. Des explications claires et brèves sont données sur les filtres de Cauer, qui permettront au lecteur d'aborder avec confiance les exposés parfois touffus sinon obscurs de Cauer et de Glowatski. En ce qui concerne les filtres de Zobel, l'auteur avait souligné, dans la première édition, l'intérêt qu'on a toujours, pour la régularité de l'impédance, à terminer une chaîne de cellules fondamentales par des demi-cellules « dérivées en m » ; dans la nouvelle édition, l'auteur indique, d'après Zobel, le principe d'une généralisation de ce procédé (terminaison par demi-cellules « dérivées en mm' »).

La nouvelle édition du livre de M. Pierre David présente les

mêmes qualités de précision et de concision qui faisaient le mérite de la première édition : les ouvrages qui renferment, à côté de développements théoriques complets, des exemples numériques d'applications contrôlés par l'expérience, des conseils, des tours de main et aussi, de loin en loin, des appréciations personnelles de l'auteur, exprimées en style direct et vigoureux, sont trop rares dans la littérature des communications électriques pour que ce nouveau livre ne remporte pas, auprès des spécialistes et auprès du public, un succès mérité. R. B.

Le Gérant :
HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 30-9-35

LES DÉPOTS DE GIVRE ET DE VERGLAS SUR LES LIGNES AÉRIENNES.

par R. DEMOGUE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les manifestations du givre font l'objet d'études détaillées sous l'égide de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques.

Les observations les plus remarquables présentées au cours de la discussion de juillet 1935 *sont rassemblées et comparées ci-après.*

Nature du givre. — Le givre est un dépôt solide provenant de la vapeur d'eau atmosphérique et qui se forme à la surface des corps placés dans l'air. Le givre peut aussi bien se former sur la surface d'un avion que sur la surface du sol.

Les processus de la condensation de l'eau contenue dans l'atmosphère ne sont pas encore très bien connus ; ils sont certainement très variés à en juger par la forme et la nature des nuages il ne faut pas donc s'étonner s'il est difficile de donner une définition précise et exacte du givre et des dépôts solides de différente nature qui se forment à la surface des objets placés sur le sol.

Le processus de la formation du givre décrit par plusieurs observateurs est le suivant : « Lorsque la formation de givre s'accompagne de vent, on constate que la section du dépôt affecte primitivement la forme d'un triangle effilé dirigé du côté d'où vient le vent (voir fig. 3). Cette surcharge excentrée peut amener un mouvement de torsion du fil, d'où la formation de houppes. Si le processus du dépôt se poursuit, le fil est englobé dans un fourreau de forme grossièrement cylindrique où il occupe une position désaxée (voir fig. 1 ; diamètre du givre 22 cm).

D'après des observations norvégiennes, ce givre se forme à des températures comprises entre — 1° et — 4°.

Cette formation du givre contenant beaucoup d'interstices

remplis d'air est blanche et friable. Sa densité varie de 0,05 à 0,25 suivant le temps qui s'est écoulé depuis le commencement du dépôt. On conçoit que les aiguilles non seulement augmentent de longueur dans la direction d'où vient le vent, mais encore s'épaississent progressivement de telle sorte que le volume des interstices remplis d'air diminue.

Le volume du dépôt peut être très grand. Dans les Hautes-Vosges (la Schlucht, Hohneck) il peut atteindre 50 cm de diamètre. Près de Saint-Etienne, M. Bonnefoy, inspecteur des Services Tech-



Fig. 1.

niques des P.T.T. a eu l'occasion de constater un dépôt de 60 cm environ de diamètre ; il a été aussi constaté que ces dépôts atteignent une épaisseur suffisante pour transformer une artère téléphonique en masse compacte. Les fils téléphoniques étant placés habituellement à 30 cm les uns des autres, il suffit pour cela que l'épaisseur du dépôt atteigne 15 cm. Ces formations volumineuses entraîneraient la chute de l'artère si leur densité n'était pas faible. Une formation de 30 cm de diamètre représente une charge égale environ à 10 fois le poids d'un fil de cuivre de 3 mm, si la densité du dépôt est 0,1, tandis que par suite de l'élasticité de l'armement et des poteaux, la limite de rupture du fil est atteinte pour un

coefficient de surcharge variant de 10 à 20 suivant sa position dans l'armement. On peut donc admettre que la densité de la formation du givre signalée à Saint-Etienne est de l'ordre de 0,1.

D'après MM. Fukunora et Uyeno, qui ont étudié des dépôts de neige sur une ligne à 154 kV de la Nippon Electric Power C°, la neige qui pèse moins de 40 kg par m³ (densité 0,04) est soufflée par le vent et ne peut adhérer aux conducteurs, tandis que la neige plus dense adhère à la périphérie des conducteurs d'une manière

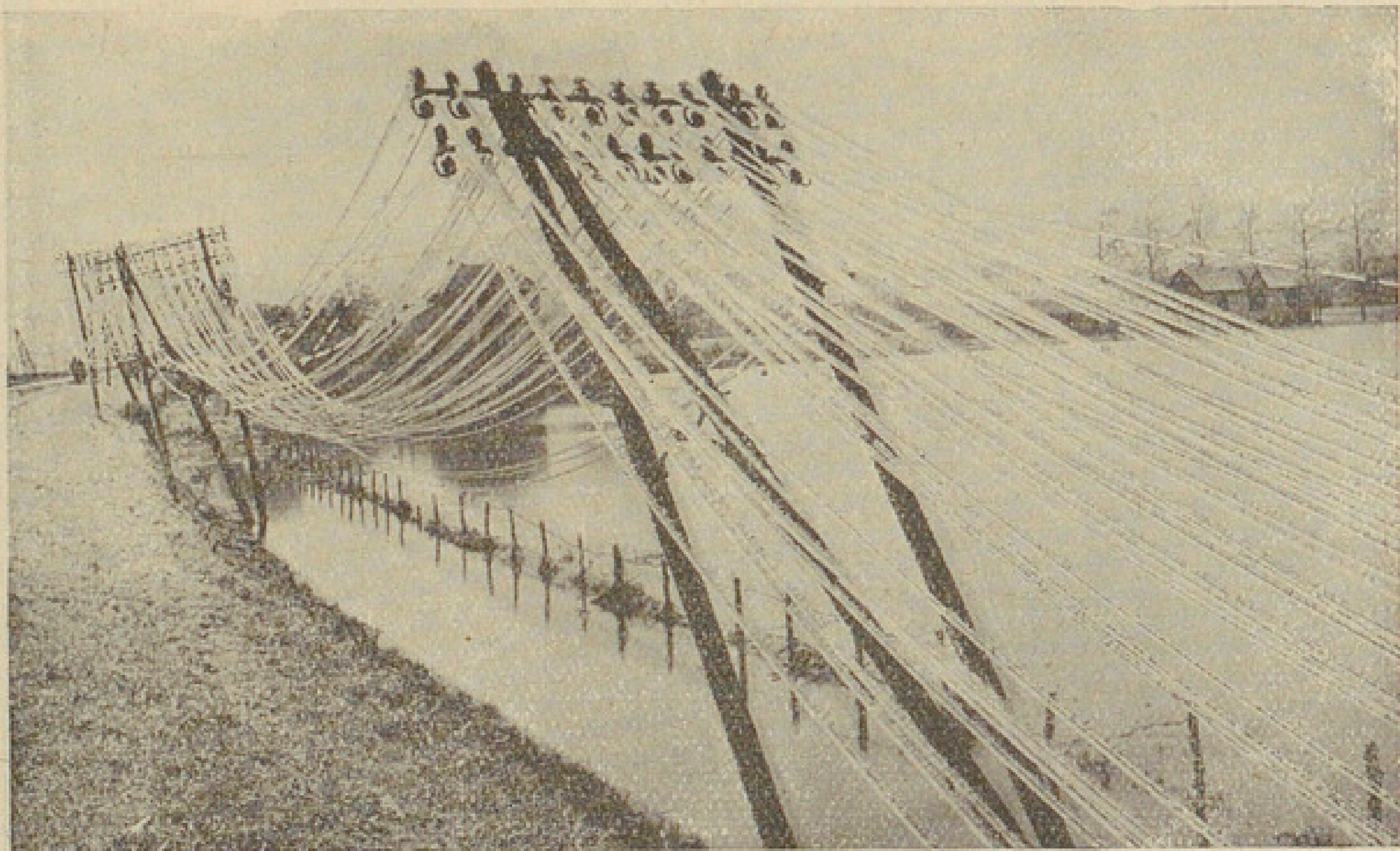


Fig. 2.

suffisante pour que le dépôt atteigne jusqu'à 25 cm de diamètre.

En résumé, le poids du dépôt de givre en aiguilles n'est pas suffisant par lui-même pour mettre les lignes en danger, mais il faut compter avec la pression exercée par le vent sur la surface de cette masse de givre et aussi avec la transformation éventuelle du givre en glace plus compacte par suite de fusion et de regel.

Nature du verglas. — Si on est à peu près d'accord sur la définition du givre en aiguilles, on ne l'est pas beaucoup sur celle du verglas. C'est que, très probablement il faudrait distinguer entre le dépôt provenant directement de la congélation de l'eau

atmosphérique et celui qui provient d'une fusion partielle du givre suivie de regel.

Lorsque le dépôt provient de la congélation directe de l'eau atmosphérique, il est souvent affirmé qu'il provient de la congélation brusque des gouttes d'eau en surfusion. Il est assez difficile de savoir si cette hypothèse correspond exactement à la réalité. On constate parfois à la surface du sol et des toits, ce que l'on appelle la gelée blanche formée de petits granules de glace et qui pourraient évidemment provenir de la congélation des gouttes

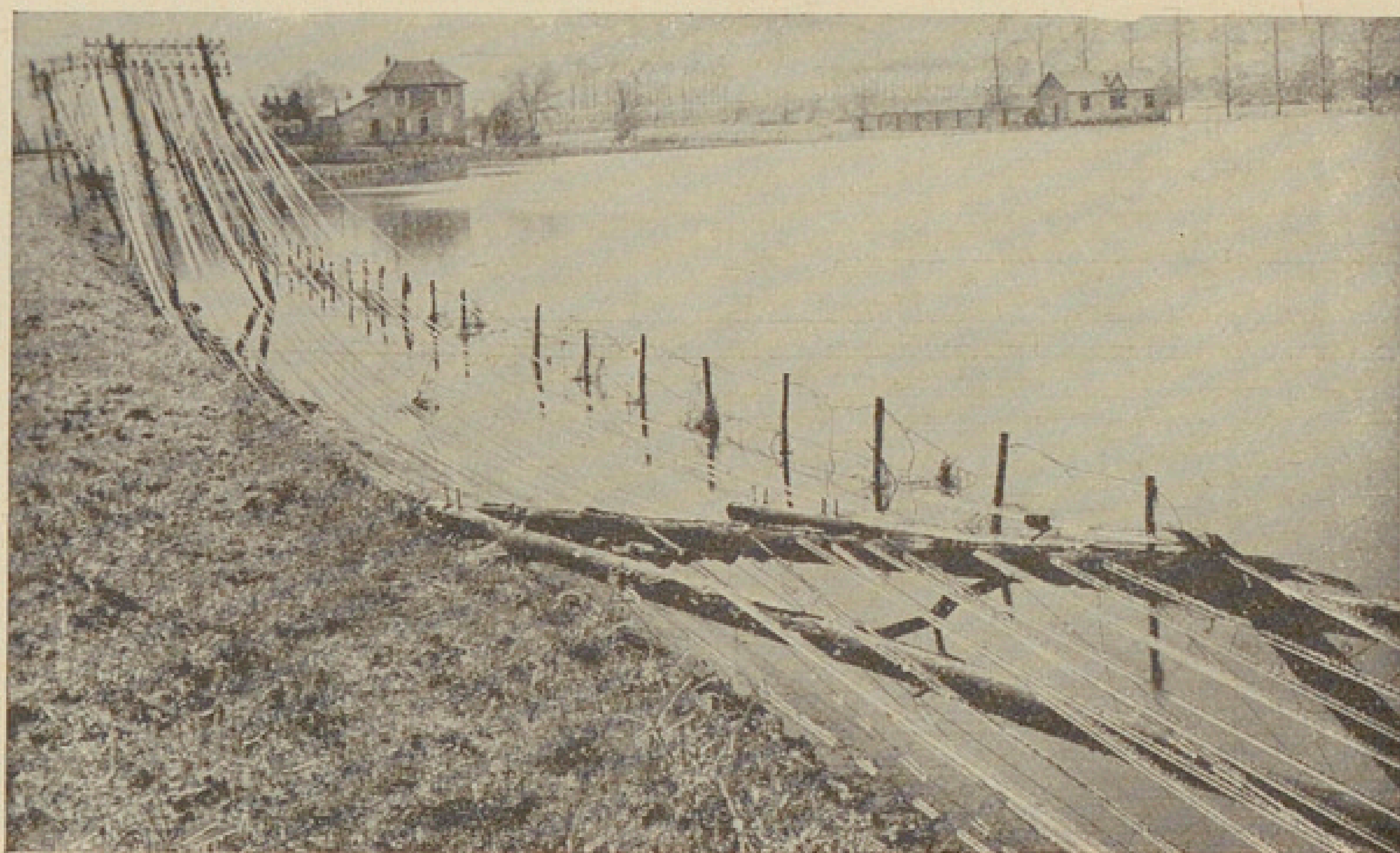


Fig. 3.

d'eau. On constate dans l'atmosphère la formation de névés formés de fines aiguilles de glace ; mais on constate aussi la formation rapide de grêle et même de grêlons de plusieurs centimètres de diamètre et formés de couches concentriques. On ignore encore, à l'heure actuelle, le processus de la formation de ces grêlons.

Si on considère la description de certaines formations de givre, il est permis de se demander s'il n'y a pas, dans certains cas, formation à partir de l'eau atmosphérique d'un dépôt, d'une densité voisine de 0,5, à section ovale comme celle des grêlons. Il serait donc souhaitable que l'on examine aussi la coupe du givre jusqu'au cœur de la formation au lieu d'observer seulement les aiguilles de

la surface et le diamètre de la formation. Il a été constaté des dépôts à section elliptique atteignant jusqu'à 15 cm de plus grand diamètre. (Cf. Ligne à 35.000 V de Puente Nuevo à Segovia, en Espagne).

On devrait, en plus, définir le véritable verglas qui proviendrait de la congélation de l'eau, qu'elle se trouve dans l'atmosphère ou qu'elle provienne de la fusion partielle du givre. La densité du verglas compact est celle de la glace, c'est-à-dire 0,9. Lors de sa chute, ce verglas est un véritable danger, puisqu'on a pu peser des blocs de glace de 14 kg détachés de lignes d'énergie dans le Jura (Cf. M. Milon, Conférence faite à la Société française des Electriciens).

Quelques hypothèses. — Dans la définition du dépôt, on trouve fréquemment l'indication que le dépôt provient de gouttes d'eau en surfusion ; cette remarque semble inspirée par le caractère de soudaineté que présente la formation de certains dépôts, mais on ne devrait pas introduire d'hypothèses dans la description d'un dépôt, car d'autres explications sont possibles.

Certains auteurs attribuent la formation de la grêle à l'évaporation rapide qui se produit à la périphérie d'une masse d'eau animée d'une grande vitesse imprimée par des phénomènes d'attraction ou de répulsion électrique. On pourrait aussi faire appel aux mouvements de rotation engendrés par les tourbillons de l'air.

En outre, un brouillard est nécessairement composé d'eau à l'état liquide et à l'état de vapeur. Pourquoi considérer que l'eau s'y trouve dans un état liquide exceptionnel et ne pas admettre que l'eau à l'état gazeux s'y trouve aussi dans un état anormal. On peut fort bien imaginer l'existence d'une vapeur d'eau plus lourde que l'air, formée par polymérisation de la vapeur d'eau normale, et ayant un processus de cristallisation différent.

En dépit de l'opinion formulée par la plupart des auteurs, nous conclurons donc qu'il n'est pas absolument certain que l'on ait besoin de faire intervenir l'eau en surfusion. On sait qu'un liquide reste en surfusion si on ne l'agite pas et si sa surface est calme ; il est difficile de croire que cette condition de calme est réalisée dans l'atmosphère dans les cas observés de formation rapide du givre.

Le givre par temps d'orage. — Le compte rendu ci-dessous, extrait du rapport de M. Strand (nº 238 de la C.I.G.R.E., juillet 1935), donne des précisions intéressantes sur le givre formé par temps d'orage. Il s'agit d'expérimenter un appareil coupe-glace, pour détacher le verglas qui se trouve à la surface du conducteur. Cet appareil était formé de deux disques tranchants verticaux fixés à un moyeu que l'on fait rouler sur le conducteur.

« Cependant, en janvier 1934, l'est de la Norvège a été ravagé « par un violent orage qui a provoqué la rupture d'un grand nombre

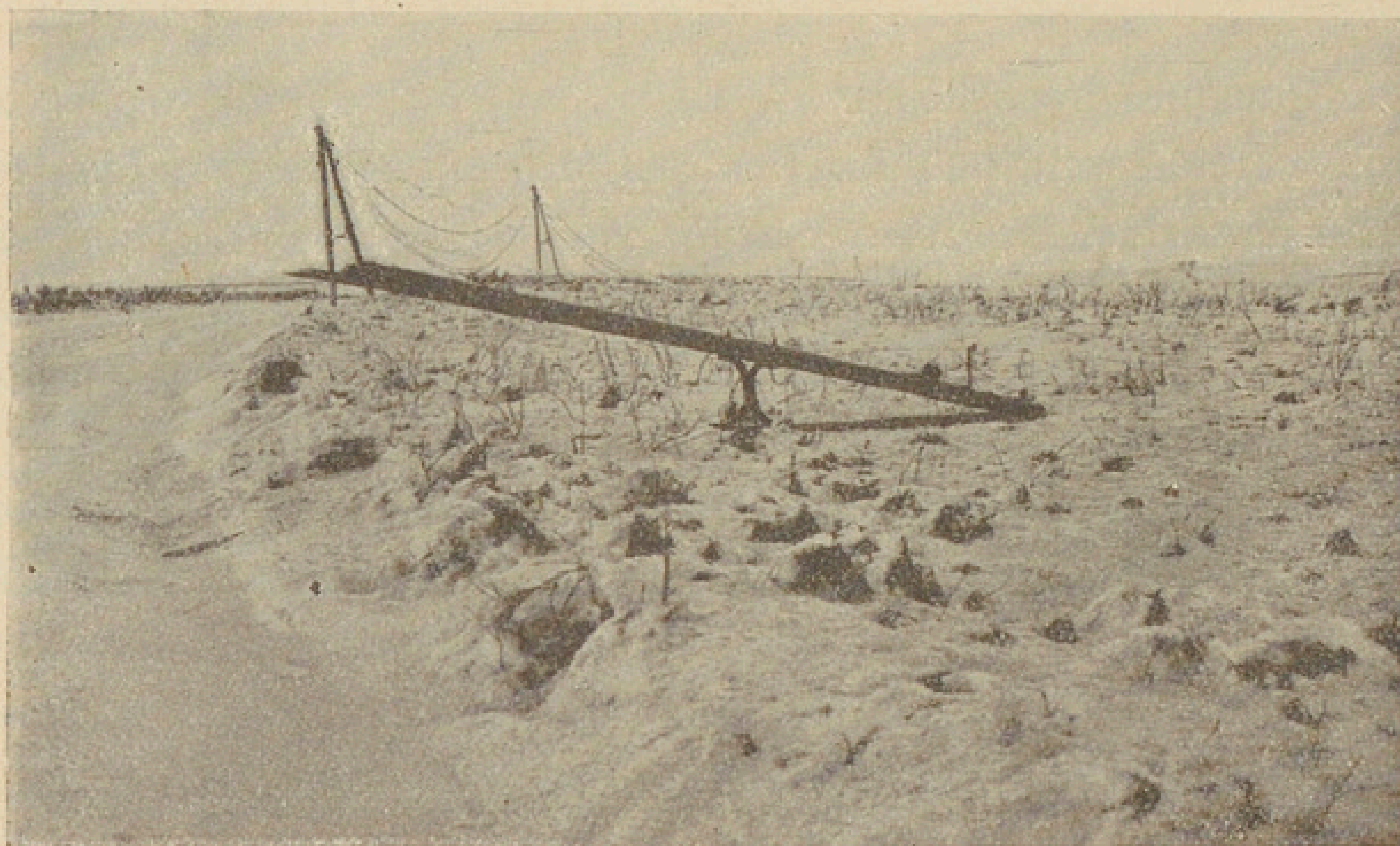


Fig. 4.

« de lignes et d'autres avaries des lignes d'énergie et téléphoniques. « Les dégâts ont été particulièrement importants à Norefjell où « la ligne à 132 kV Nore-Oslo est située à une altitude de 800 m « environ. Lors des essais de notre procédé il s'est révélé que l'adhé- « rence entre le verglas et le câble était trop forte et que le coupe- « glace ne pouvait se déplacer que difficilement. Ce procédé sem- « blait donc avoir subi un échec. On a alors essayé d'augmenter « la distance entre les deux tranchants du coupe-glace, de sorte « qu'il y eût un jeu de 5 mm entre chaque tranchant et le câble. « Le coupe-glace a pu alors être traîné avec une facilité relative « et le câble libéré de sa surcharge à l'exception d'une couche adhé-

« rente de 5 mm dont le poids n'avait plus grande importance.
« Après passage de l'orage, lorsque aucun danger ne subsis-
« tait pour la ligne d'énergie dont les câbles avaient toutefois
« conservé une surcharge importante, on a entrepris quelques
« expériences pour étudier de plus près ce genre de surcharge.
« On a tout d'abord bombardé un câble au voisinage du système
« tendeur avec des morceaux de bois projetés avec une grande
« force et un grand nombre de fois, mais sans résultat. La surcharge
« a été éliminée seulement aux endroits où les morceaux de bois
« tombaient, sur une longueur de 20 à 50 cm. »

La formation de givre dans ce cas est une formation très compacte et fort adhérente au conducteur dans la partie centrale sous une épaisseur de 5 à 15 mm. Nous ne croyons pas que cette formation rapide de givre compact par temps d'orage, soit assimilable à la formation du verglas. Différentes observations faites en France sur des lignes téléphoniques montrent que le véritable verglas est un manchon de glace ordinaire n'adhérant pas fortement au conducteur. On a pu, dans certains cas, briser le manchon de glace à coups de bambou sans pour cela le faire tomber, les morceaux de glace tournant librement autour du conducteur.

Classification des dépôts. — Nous avons, en résumé, trois modes distincts de formation d'un dépôt solide à partir de l'eau de l'atmosphère :

1° Le givre en aiguille de densité voisine de 0,1, friable et blanc ;

2° Le givre compact de densité voisine de 0,5, amorphe et rugueux ;

3° Le verglas de densité voisine de 0,9, translucide et à surface glissante.

Le premier mode paraît dû à la congélation directe de la vapeur d'eau de l'air. On explique le deuxième mode, en général, en faisant appel à la congélation brusque de gouttelettes d'eau en surfusion ; il serait préférable, à notre avis, de considérer qu'il s'agit de la cristallisation d'une vapeur d'eau lourde formée par polymérisation des molécules de vapeur d'eau légère. En effet, si on admet l'existence de gouttes d'eau en surfusion, bien improbable dans un air

agité, on ne peut expliquer la transformation progressive du givre en aiguilles en givre compact, que l'on observe lorsque le dépôt a pris une certaine épaisseur (1). Au contraire, en admettant que dans les interstices du givre en aiguilles, il se forme, lorsque les cavités sont fermées, de la vapeur d'eau lourde, on peut expliquer plus facilement le phénomène.

Dans le rapport C.I.G.R.E. 1935, nº 211, Mlle Artini distingue fort bien les deux espèces de givre :

le givre en aiguilles sous le nom de « galaverna »,

le givre compact sous le nom de « calabrosa ».

Le premier se produit quand l'air est tranquille ou peu agité et le ciel serein, la présence du brouillard n'est pas nécessaire. Le second se produit dans des conditions très locales, avec une rapidité déconcertante. La température est de plusieurs degrés au-dessous de zéro ; la présence du brouillard est nécessaire. Généralement il fait aussi du vent. Le dépôt est amorphe, opaque et blanchâtre. La densité est considérable quoiqu'inférieure à celle de la glace pure. Le dépôt peut atteindre, en Italie, jusqu'à 10 à 12 cm d'épaisseur. Le dépôt *calabrosa* est très adhérent au conducteur, tandis que la *galaverna* est friable et tombe sous les chocs. La galaverna peut affecter de vastes espaces, de vastes plaines humides, tandis que la calabrosa est localisée au débouché de vallées. Citons par exemple le cas de la vallée du Liro (Splugen). Cette vallée est parcourue par un vent chaud, saturé d'humidité provenant du lac de Côme. Au débouché dans la vallée principale, des vallées latérales qui ont pour point de départ d'importants glaciers et qui amènent des courants d'air froid, il y a condensation et dépôt de « givre ».

L'existence des deux courants d'air n'est-elle pas analogue aux conditions que l'on observe avant un orage ? N'y a-t-il pas, comme dans le cas d'un orage, congélation brusque de l'eau ou de la vapeur

1. Dans une exposition de machines frigorifiques, nous avons eu l'occasion de voir un givre compact de grand diamètre déposé sur un élément réfrigérant à — 10°, dans un local à l'abri des intempéries. On peut donc reproduire une formation de givre compact sans qu'il y ait dans l'air des gouttes d'eau en suspension.

d'eau ? Le dépôt blanchâtre et amorphe n'a-t-il pas une apparence semblable à celle du grêlon? N'y a-t-il pas, comme dans le cas d'un orage, refroidissement brusque d'une masse d'air humide et relativement chaude ?

Nous ne croyons pas la question résolue par l'affirmation que les gouttes d'eau du nuage sont en état de surfusion et se congèlent instantanément au contact du conducteur. S'il y a des gouttes d'eau dans le nuage, il s'y trouve aussi de la vapeur d'eau dont le rôle mérite d'être élucidé.

Influence de l'état du conducteur. — Par ailleurs, l'expérience de la Société Motor Columbus à Baden permet de croire que le givre se forme sur une ligne conductrice parce que la température du conducteur est plus basse que la température de l'air dans la zone de formation du givre. Cette société, en effet, a procédé à des pesées de givre formé dans six stations d'essais situées à des altitudes différentes variant de 600 m à 2.110 m. Les résultats observés n'ont pas été satisfaisants car sur les conducteurs d'essais de *longueur limitée*, la formation de givre n'a jamais été aussi importante que celle que l'on pouvait observer sur la ligne d'énergie de très grande longueur. On peut admettre que dans les environs de la zone givrée, la dite ligne d'énergie passait dans une zone de température plus basse ce qui diminuait la température du conducteur sur l'ensemble de la ligne, rendant cette température inférieure à celle des conducteurs d'essais.

Ces résultats sont corroborés par ceux que M. Wald, de Brno, a obtenus par sa méthode d'essais. Au lieu d'étudier des stations d'essais formées de tronçons de ligne, M. Wald étudie simultanément le givre qui se forme sur une section de conducteur de la ligne réelle de 1 m de longueur et celui qui se forme sur une tige d'essai en bois de 6 cm de diamètre et de 1 m de longueur.

Sur la figure 5, est représenté un exemple concret des résultats obtenus par M. Wald.

Les dépôts sont indépendants de la direction du vent, sur la tige d'essai, tandis qu'ils semblent en dépendre, sur le conduc-

teur, les dépôts étant plus faibles si le vent souffle parallèlement à la ligne.

La formation du dépôt sur le conducteur nu est plus rapide que la formation sur la tige d'essai.

M. Wald attribue cette différence au rôle physique joué par le conducteur en tant que centre de cristallisation des gouttelettes

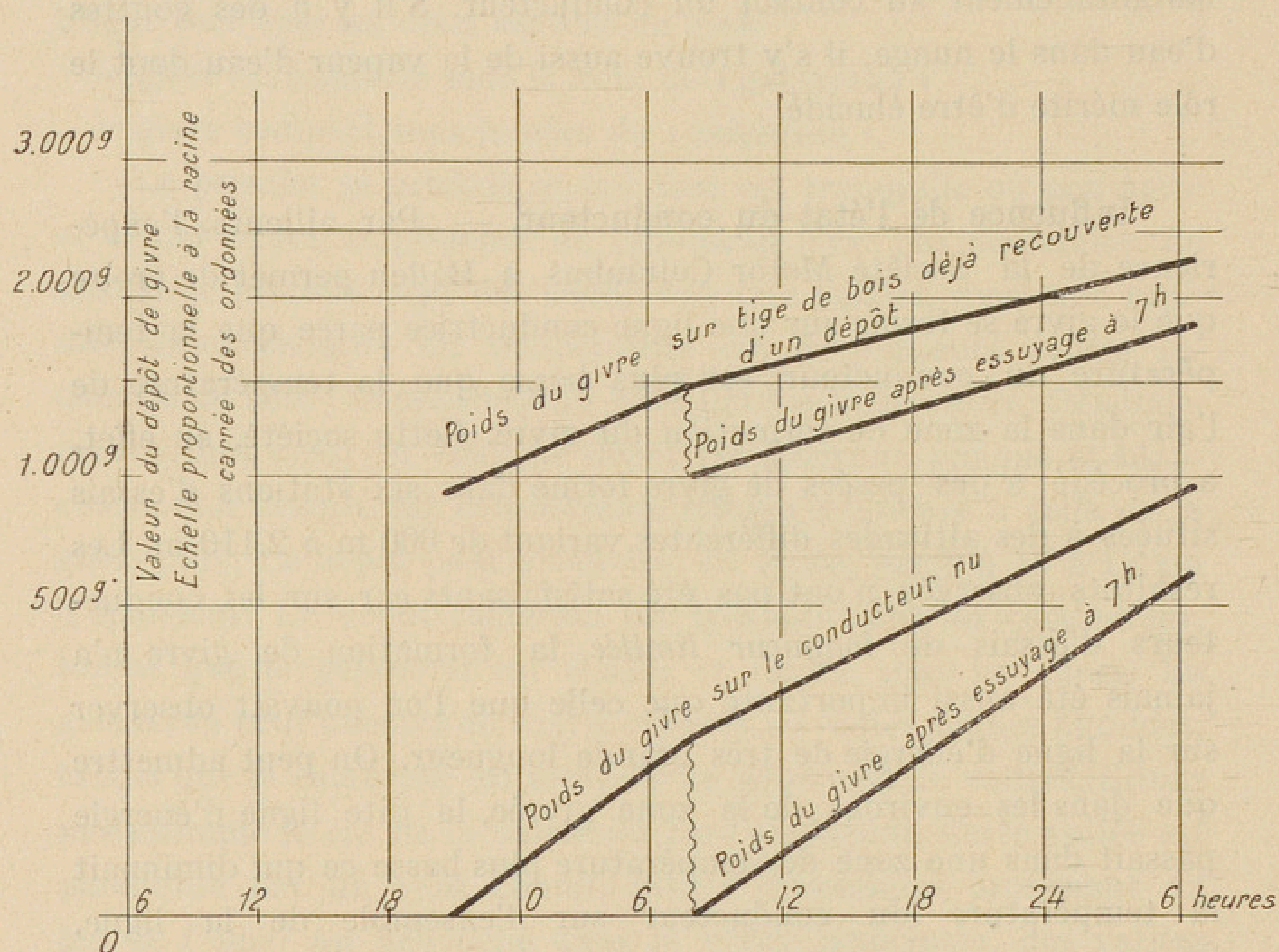


Fig. 5.

de brouillard en suspension. Cela n'explique pas les résultats de Baden et il y aurait sans doute lieu, pour élucider la question, de refaire des essais simultanés en employant des tiges d'essai de nature différente.

Sur la question de savoir si l'état de la surface du conducteur joue un rôle, on se trouve jusqu'ici en présence d'affirmations contraires : une information de source américaine d'après laquelle les fils de trolley des chemins de fer et trolleys électriques graissés à intervalles réguliers ne sont jamais recouverts de givre adhérent.

D'autre part, M. Barray a fait des essais sur des câbles enduits d'huiles ou de graisses spéciales employées pour empêcher la formation de la glace sur les grilles placées en rivière et déclare que ce système est inefficace.

Il faut bien reconnaître qu'un élément important d'étude est la température des conducteurs et que cette température peut ne pas être la même que la température locale de l'air ambiant par suite de la conductibilité du métal.

En outre, il arrive souvent que le givre compact fonde par suite des variations de la température ambiante, puis que, par regel, il se transforme en verglas.

M. Wald indique que la densité du givre nouvellement formé est 0,3 tandis qu'au bout de huit jours cette densité devient 0,8.

A la station d'essai de la Compagnie Loire et Centre, établie dans le Massif Central, M. Barray a observé que la densité du givre paraissait varier de 0,18 au premier jour de la formation à 0,40 au quatrième jour pour arriver le huitième jour à la densité de la glace 0,90. Pour apprécier le phénomène il faudrait connaître les conditions atmosphériques pendant le jour et la nuit tout au long de la période de l'essai.

Importance du dépôt. — D'après ce qui précède, il est tout à fait normal que les observations faites soient divergentes.

Il n'est pas aisé non plus d'évaluer le poids du dépôt par mètre, ni sa densité. Bien des évaluations qui varient de 10 à 20, 30, voire 50 kg : m sont probablement exagérées. M. Wald propose d'évaluer le poids par la mesure du diamètre du dépôt au moyen d'un télémètre, et d'estimer la densité d'après l'aspect du dépôt.

Le givre en aiguilles se forme assez lentement pour que l'on puisse lui appliquer la loi que propose M. Wald : « Le poids du dépôt croît proportionnellement au carré du temps ».

D'autres formules ont déjà été proposées en 1920 par M. Robert Edler (*Bulletin de l'Association suisse des Electriciens*, tome XI, p. 207-214, 219-235), mais elles ne sont étayées d'aucune expérience.

Le givre compact a une vitesse de formation qui ne peut guère

être appréciée puisqu'il se trouve en général sous une couche de givre en aiguilles, ou bien que l'on constate à un moment donné l'existence d'une couche nacrée sans pouvoir connaître à quel instant le dépôt a commencé. Sa formation peut être très rapide par temps d'orage ou dans des circonstances analogues.

Quant au verglas provenant de la condensation d'un nuage de gouttelettes d'eau plus ou moins opaque et dense, on ne peut guère lui assigner une loi d'accroissement de poids en fonction du temps ; ces nuages sont trop irréguliers pour que l'on puisse obtenir un résultat utile. Voici comment s'exprime à ce sujet le professeur Matthias, de Berlin :

« Sous le nom de verglas on désigne un dépôt transparent « couleur de verre, formé par la solidification brusque des gouttes « d'eau à forte surfusion rencontrant des objets solides [1]. Le ver- « glas est formé soit par la pluie dont les gouttes ont été refroidies « au-dessous de 0° en traversant une couche d'air à une telle tempé- « rature, soit par la pluie chaude tombant sur des objets très « froids. Le vent n'est pas absolument nécessaire pour former « cette sorte de dépôt, mais il existe pourtant dans la plupart des « cas et influence la position et la forme de la couche de glace qui « se forme. La densité du verglas est sensiblement plus grande « que celle du givre pur.

« Un dépôt de neige épais se produit d'habitude sur les con- « ducteurs de ligne seulement dans le cas où il existe déjà un dépôt « de givre ou de verglas. Il est particulièrement dangereux quand « la neige est très humide et adhère facilement (neige pâteuse).

« Il est rare qu'on puisse ranger d'une manière définie dans un « de ces groupes (givre, verglas ou neige) les dépôts qui se forment « pratiquement sur les conducteurs, pylônes ou isolateurs [2].

« Suivant la variation continue des conditions atmosphériques, « on a souvent au bout de quelques heures d'autres conditions

1. Rappelons que, dans la définition, il serait préférable de ne pas faire d'hypothèse sur le processus de la congélation.

2. A cause, comme nous l'avons vu, du passage progressif du dépôt d'une catégorie dans l'autre.

« de formation de dépôts, si bien que les dépôts sont composés « pour la plupart de couches d'espèces différentes, tantôt plus « molles et neigeuses, tantôt plus nettement glacées. Une pluie « subite ou l'afflux d'une brume chaude peuvent également modi- « fier les conditions de formation ou d'accroissement des dépôts. « L'expérience pratique montre que ces dépôts durent rarement « plus de trois à quatre jours. Dans la plupart des cas l'accroisse- « ment des heures de nuit est suivi d'un dégagement plus ou moins « complet durant le jour sous l'influence de la température diurne « plus élevée.

« L'ensemble de ces circonstances s'oppose à l'établissement « d'une loi de formation de givre sur les conducteurs de ligne. « Il est vrai qu'il est possible théoriquement d'établir sans diffi- « culté une certaine loi de variation dans le temps de la formation « du dépôt, pour certaines conditions atmosphériques et météoro- « logiques déterminées, en admettant que ces conditions restent « invariables pendant de nombreuses heures ou plusieurs jours. « Toutefois, il s'est révélé qu'une telle loi ne saurait revêtir une « grande importance pratique, ce qui complique fortement le « traitement mathématique du problème et le rend illusoire prati- « quement. Ce résultat pratique se trouve en contradiction avec « des points de vue à l'étranger, en particulier avec les travaux « de M. E. Wald qui a établi de telles lois de formation du « givre ».

A ce propos, des expériences très intéressantes sont en cours sur la ligne à 150 kV du Gothard, dans la grande portée surplombant la vallée de la Schollenen au-dessus de Goeschenen.

Altitude du pylône : 1780 à 1890 m.

Portée : 1260 m.

Effort de traction du câble sur le pylône de contrôle : 2,6 T.

Tension de rupture du câble : 18 T.

Un dynamomètre permettant l'enregistrement à distance de la traction du câble sur le pylône de contrôle a été installé sur cette ligne. On aura ainsi dans l'avenir des documents sur la régularité ou l'irrégularité de la formation des dépôts de givre.

Degrés météorologiques de givre. — Cependant, le but que se propose M. Wald est de définir des grandeurs ou des coefficients permettant à un office météorologique de faire des prévisions, et à celui qui reçoit ces prévisions de les comprendre pour les utiliser.

Les objections du professeur Matthias ne lui ont pas échappé si on en juge par les degrés de givre que l'Institut météorologique tchécoslovaque d'État a adoptés pour le service de prévision du givre qui doit intéresser non seulement les centrales électriques, mais aussi les propriétaires de cultures fruitières, les automobilistes et les aviateurs.

Ces degrés de givre ont été établis par M. Wald après une étude de six mois sur des lignes téléphoniques d'une portée moyenne de 40 m particulièrement exposées au givre. Voici ces degrés :

$q = 0$: *givre.* Une base mollette, penniforme, d'une blancheur éblouissante, unilatérale ou formée tout autour du conducteur, n'adhère pas bien au fil et tombe lors d'un choc contre le poteau téléphonique.

$q = 1$: *un dépôt commence à se former.* Premiers dépôts sur les fils pour la plupart en forme de pavillon, d'une blancheur moins éblouissante que le givre, plus humides que celui-ci, parfois partiellement glacés, présentant parfois une structure rugueuse ou une structure écailleuse. Les fils sont bien visibles et apparaissent du sol comme des cordes très fines présentant une flexion modérée.

$q = 2$: *un dépôt faible continue à se former.* Les dépôts adhèrent au fil ; leur accroissement est presque insensible.

$q = 3$: *dépôt moyen.* Les fils présentent une flexion sensible et sont parfois en vibration continuelle, ce qui cause par places la chute des dépôts en formation ; le dépôt n'est donc pas uniforme dans son ensemble. Section ronde ou triangulaire, dimensions inférieures à 3 cm.

$q = 4$: *le dépôt moyen continue à se former.* Croissance extérieure et congélation des dépôts originaux. Les fils les plus fins viennent à se rompre par places.

$q = 5$: *le dépôt est intense.* Les fils sont entourés de dépôts d'un diamètre supérieur à 3 cm et se rompent en masse ; les consoles avec isolateurs sont arrachées, les pylônes fléchissent et s'écroulent

par places. Les dépôts tombés forment sous les fils des amas considérables.

$q = 6$: *les dépôts tombent.* Les dépôts se détachent en masse et tombent. (On n'entend pas par là la chute des parties peu importantes qui a lieu au cours de chaque formation de dépôts).

$q = 7$: *verglas.*

$q = 8$: *Eventuellement la neige collante s'amasse davantage.*

$q = 9$: *La neige collante tombe par places.*

$q = 10$: *aucun des phénomènes décrits plus haut.*

Ces observations concordent assez bien avec ce que l'on a observé dans les différents services des P.T.T. de France.

On peut ajouter toutefois qu'il a été constaté deux genres de dépôts, le dépôt pulvérulent, tel qu'il est défini par $q = 0$, que l'on peut faite tomber par chocs, et un dépôt formé d'une couche très adhérente qui ne disparaît que par fusion progressive.

En ce qui concerne le degré $q = 5$, il faut noter que le givre de 3 cm de diamètre ne casse des conducteurs que si la ligne téléphonique est givrée sur plusieurs kilomètres de longueur. Quand le givre est localisé sur quelques portées, l'élasticité des appuis permet aux conducteurs de supporter une charge beaucoup plus forte.

Les photographies reproduites ici permettent quelques observations à cet égard. La figure 1 montre un conducteur givré de 22 cm de diamètre dans le Tarn ; la figure 4 montre que certains des poteaux supportant ces conducteurs se sont rompus. La chute des supports s'est faite dans le sens de la concavité du tracé.

Au contraire les figures 2 et 3 montrent un givre en drapeau sur une artère téléphonique de la Haute-Saône, sur plusieurs kilomètres de longueur ; d'un côté du conducteur on voit les aiguilles de givre. Il y a d'abord eu rupture du 1/3 des conducteurs dans une portée ; ensuite les appuis ont subi pendant deux à trois heures l'action d'un couple de torsion à axe vertical jusqu'à la rupture des fils demeurés intacts. Dans les lignes droites, les appuis voisins se sont couchés dans le sens longitudinal après rupture au pied, tandis que dans les portées suivantes, il y a eu simplement flexion des poteaux et une augmentation notable de la flèche.

Par suite de l'irrégularité de la charge de givre ou par suite de l'action du vent, certains appuis ont manifesté une tendance à tomber vers l'extérieur de la courbe.

On voit donc qu'une couche de givre de quelques centimètres peut provoquer la chute d'une artère téléphonique si celle-ci est givrée sur une longueur assez grande pour que le déplacement du sommet des poteaux n'entraîne pas la diminution de la tension mécanique des conducteurs. Tandis que sur une ligne simple présentant de nombreuses courbes, les conducteurs peuvent supporter des surcharges beaucoup plus grandes sans se rompre, à cause du déplacement du sommet des appuis. En contrepartie, les poteaux peuvent être brisés avant les fils.

En résumé, un office national météorologique peut fournir des indications pour l'ensemble des usagers mais c'est à ceux-ci qu'il appartient d'interpréter les prévisions faites selon la nature et le tracé de leurs lignes.

Notons aussi qu'il ne semble pas recommandable d'imposer dans un arrêté technique la condition que toute ligne, quelle qu'elle soit, doive résister à une surcharge de givre réglementaire. Les conducteurs des lignes sur supports déformables peuvent supporter sans se rompre des surcharges plus grandes que ceux qui sont posés sur des pylônes rigides. Il existe actuellement différents systèmes de supports déformables, parmi lesquels les pylônes-chevalets de M. Darrieus et les pylônes supportant des traverses pivotantes.

Il ne serait pas logique d'appliquer aux conducteurs supportés par ces systèmes la même réglementation qu'aux conducteurs fixés à des points presqu'immobiiles.

Comparaison des règlements de différents pays. — Si on compare les règlements officiels en vigueur dans divers pays, pour le calcul des lignes électriques, on constate que les coefficients de surcharge imposés varient beaucoup. D'une manière générale on peut estimer que tous ces règlements recommandent de tenir compte d'une surcharge de givre bien inférieure aux maxima de surcharge constatés.

Ainsi, le règlement allemand, comme le règlement hollandais, prévoit une surcharge par vent nul à — 5° égale à $\left(0,18\sqrt{d}\right)\frac{kg}{m}$, d étant le diamètre du conducteur en mm, tandis que le professeur Matthias fait observer que dans les régions sujettes à givre telles que le mont Brocken dans le Harz, la surcharge observée peut atteindre 10 fois cette valeur.

Presque tous les observateurs sont d'accord pour dire qu'on ne peut attribuer une grande influence au diamètre du conducteur ; cependant, en dehors du règlement allemand, le règlement norvégien impose une surcharge de (200 + 50 d) g : m, d étant évalué en cm à — 25°.

La Pologne adopte une température de — 5° et une surcharge de 0,6 kg : m pour des sections de conducteurs inférieurs à 16 mm², et une surcharge de 0,8 kg : m pour des sections supérieures à 16 mm².

Le règlement suisse prévoit une surcharge de 2 kg : m à 0° mais les conducteurs doivent avoir une tension qui ne dépasse pas les 3/4 de la limite de rupture. Les conducteurs devront avoir 4 mm de diamètre au moins pour une portée de 50 m.

En Espagne, on admet la température minimum de la région avec une surcharge de neige de 10 cm de diamètre par vent nul.

En Roumanie, on adopte la surcharge de glace observée dans la région avec un vent modéré.

Nous allons maintenant examiner les règlements qui prévoient l'existence d'un dépôt soumis à la pression du vent.

Le Japon envisage comme hypothèse : la température minimum de la région, un manchon de glace de 6 mm, un vent de 50 kg : m² de surface plane frappée normalement ; avec le coefficient de réduction de 0,5 admis pour la force exercée sur une surface cylindrique, cela fait 25 kg : m² de surface diamétrale du conducteur.

Le règlement italien considère que, dans les traversées du domaine public, les lignes d'énergie doivent résister à une surcharge de 0,7 kg par m à une température de —20° et avec une pression du vent de 39 kg par m².

L'Associazione Elettrotecnica Italiana recommande à ses

adhérents de calculer ses lignes avec une surcharge de 1,2 à 1,7 kg : m à — 15° par vent nul dans les vallées alpines.

La température est un élément important de toute réglementation ; on voit combien elle est variable ; malgré l'imprécision des observations faites en France, il semble que la température en cas de givre est certainement comprise, entre 0° et — 7°C, d'après les observations recueillies par les fonctionnaires des P.T.T. Il se peut que, dans certains cas, la température soit plus basse, car dans nombre de cas, la température n'a pas été précisée.

En Grande-Bretagne, on admet — 5°,5 avec un manchon de glace de 6,35 mm d'épaisseur pour les lignes de 1re catégorie et de 12,70 mm d'épaisseur pour les lignes de 2e catégorie, le vent étant assez considérable, exerçant une pression de 36 kg : m² de section diamétrale du conducteur.

Aux Etats-Unis, dans la région la plus exposée (Est des Montagnes-Rocheuses et au nord du 35e degré de latitude, on adopte une température de —18° C avec une surcharge de 12,70 mm d'épaisseur de glace et un vent de 39 kg : m² de surface diamétrale du conducteur. Ces conditions sont parmi les plus sévères. Mais dans la région moyenne moins exposée on adopte une température de — 9°C avec une surface de glace de 6,30 mm d'épaisseur avec le même vent. Il existe une 3e région où l'on n'a pas à tenir compte du givre.

Au Canada, la température est prise égale à — 18° C, la gaine de glace a 12,7 mm d'épaisseur et le vent exerce une pression de 36 kg : m² de surface diamétrale du conducteur.

D'autres propositions ont été faites. Notamment M. Gibrat se basant sur les résultats d'observations faites par la Cie de la Loire et du Centre a proposé, dans un rapport présenté au Congrès de Mulhouse du syndicat des producteurs et distributeurs d'électricité, des surcharges linéaires très élevées de 5, 9, 12 et même 20 kg suivant l'altitude, le calcul des lignes se faisant en admettant un taux de travail voisin de la rupture.

M. Barray, de la Cie Loire et Centre, a estimé dernièrement qu'il fallait tabler sur un vent de 60 kg par m² de section droite dans le calcul des lignes (hypothèse d'hiver) au lieu de 30 kg par m²

prescrits par l'arrêté technique actuel. Ce chiffre correspond à la pression du vent admise par la Grande-Bretagne, la différence de température mise à part.

Ces chiffres peuvent sembler excessifs, mais cela dépend essentiellement de la température adoptée pour le calcul. Des observations anglaises signalent la coexistence de vent de 50 à 60 milles par heure, avec des dépôts de 19 mm d'épaisseur (pression du vent de 50 à 70 kg : m² de surface plane).

Il est difficile dans une réglementation d'imposer des coefficients de surcharge et de valeur du vent qui rendraient prohibitif le coût de construction de certains ouvrages. Cette réglementation est d'ailleurs inutile dans les régions où il n'y a pas de givre. Dans les régions reconnues dangereuses au point de vue de la formation des surcharges accidentelles de glace, les exploitants et les constructeurs s'imposent d'eux-mêmes des conditions plus sévères que celles des règlements officiels.

En outre certaines sociétés sont à même d'organiser un service de dégivrage, soit par des moyens mécaniques, soit par le chauffage des conducteurs. On doit évidemment tenir compte de cette possibilité dans la détermination d'une surcharge réglementaire.

Prédétermination des zones de givre. — C'est pourquoi, il est intéressant de chercher le moyen de reconnaître, *à priori*, s'il y a des zones dangereuses sur le tracé d'une ligne projetée, antérieurement à la construction de cette ligne.

On ne peut guère avoir recours pour cela à des stations d'essais. Outre que le procédé serait très long, il serait parfois inexact, comme l'a montré l'expérience de la Motor Columbus près de Baden.

Les statistiques et travaux des observatoires météorologiques pourront, dans l'avenir, avoir une grande utilité, mais pour le moment, les sections d'étude du givre ne semblent pas encore à même de renseigner avec exactitude.

On a aussi cherché à se baser sur l'altitude comme l'a fait la Cie Loire et Centre, mais M. Dauzère, Directeur de l'Observatoire du Pic du Midi à Bagnères-de-Bigorre, fait observer assez justement

que le givre et le verglas se forment dans certains lieux privilégiés, tandis que d'autres lieux voisins à la même altitude sont épargnés.

On a aussi fait appel à la botanique. Le Directeur de l'Ecole des Eaux et Forêts de Nancy s'exprime ainsi : « Le dépôt de givre « est un phénomène météorologique dépendant surtout d'un état « hygrométrique. Or l'état hygrométrique est un des facteurs « les plus importants qui conditionne la végétation et il y a incon- « testablement une relation entre la présence de certaines espèces « et un état hygrométrique constamment élevé.

« De façon plus précise, on connaît des coïncidences nettes « entre l'existence de certains arbres dans des endroits déter- « minés et la localisation de brouillard en ces points. C'est le cas « de certaines montagnes de la France méridionale où le hêtre « est nettement localisé dans la zone normalement garnie de brouil- « lards. Dans le même ordre d'idées, l'existence du sapin est liée « à une forte humidité atmosphérique, tandis que le pin sylvestre « recherche au contraire des endroits plus secs.

« C'est de cette façon qu'on pourrait probablement établir « une relation entre la flore et la fréquence du givre ».

M. Rothin, de l'Institut de Physique du Globe à Strasbourg, signale que l'observation des végétaux peut renseigner sur la plus ou moins grande importance des dépôts de givre. Par exemple, les conifères : lorsque la maîtresse branche est cassée par suite d'une forte surcharge de givre, elle est remplacée par deux ou plusieurs branches formant « lyre ». La présence d'un grand nombre d'arbres couronnés de « lyres » permettra de conclure à des fréquents et importants dépôts de givre.

M. Wald a établi quelques cartes géobotaniques permettant de vérifier la coexistence de certains végétaux et du givre. Mais cette méthode ne paraît pas encore suffisamment développée pour qu'on puisse l'appliquer avec fruit, dès maintenant, à d'autres régions.

On peut encore avoir une idée des zones dangereuses en dressant une carte des incidents dus au givre sur les lignes existantes.

Les incidents ou accidents qui se produisent sur les lignes téléphoniques sont très nombreux.

Très fréquents sont les mélanges entre conducteurs au moment de la chute du givre qui ne s'effectue pas toujours d'une manière régulière.

Souvent, les phénomènes de torsion entraînent la rupture des têtes de poteaux même si ceux-ci sont en bon état. Pendant l'hiver 1933-1934, 200 têtes de poteaux ont été brisées aux environs de Saint-Etienne, ce qui exclut le cas de poteaux pourris.

Les fils se cassent assez fréquemment par allongement dans le milieu des portées ou aux points de discontinuité du conducteur (manchons ou isolateurs).

Le plus grave de tous les incidents est la chute de la ligne qui peut se produire parfois sur plusieurs kilomètres.

Tous les procédés qui consistent à établir une carte sont longs et coûteux sans être toujours d'une exactitude certaine. Au lieu de cette méthode synthétique, il serait probablement préférable d'employer une méthode analytique en essayant de discerner sur une carte au 1/50.000 ou au 1/80.000 les éléments dont la réunion entraîne une prédisposition du lieu considéré au givre. On a vu plus haut, à propos de l'exemple donné par M^{lle} Artini, que cette méthode analytique est possible.

Si l'on reconnaît l'existence d'une source d'humidité, d'un courant d'air à température un peu supérieure à 0° transportant cette humidité ailleurs, enfin de sources froides ou de courants d'air froid à température inférieure à 0° condensant cette humidité, on pourra situer sur la carte les endroits probables où le givre se dépose.

La simple considération de l'altitude ne suffit pas. Il faut les trois éléments réunis, source d'humidité, courant d'air humide, zone de condensation plus froide.

Si on considère une vallée dont le lit est occupé par une rivière, à température voisine de 0°, les coteaux de la vallée peuvent être parcourus par un courant d'air humide ascendant, la zone froide de condensation peut se trouver à une altitude variable

d'autant plus élevée que la température du fond de la vallée est plus grande.

La différence de température entre la zone de condensation et la zone d'humidité peut être provoquée par une simple différence d'altitude ; elle peut aussi être provoquée par le vent. Aussi, les plateaux découverts environnés de flancs boisés sont-ils des lieux de dépôt de givre, les bois étant alors la source de l'humidité.

Dans le sud du département de la Creuse, dans une région de plateaux, de vallons boisés et d'étangs, on trouve une zone de givre. Les vallées de montagne au voisinage des cols sont les endroits où les lignes téléphoniques sont les plus affectées. Par exemple : la vallée de la Romanche, route nationale n° 291 entre les Vernois et le Dauphin (direction est-ouest), ou la région du col Bayard route nationale n° 85 entre Laye et les Bassets (direction nord-sud). L'orientation comme l'altitude ne paraît jouer qu'un rôle relatif.

C'est ainsi que l'on trouve dans le rapport de M^lle^ Artini, ingénieur à l'Unfiel (Italie), le fait caractéristique suivant : « Dans « les Apennins, les dépôts, d'après quelques observations, se for- « meraient seulement au-dessus d'une courbe de niveau déter- « minée : tandis que le paysage, arbres, terrains, lignes sont blancs « de givre au-dessus de cette courbe, au-dessous il n'y a pas trace « de dépôt. L'altitude de cette courbe de niveau est variable d'un « lieu à un autre, mais dans le même lieu, elle est presque toujours « la même ». Les différences d'altitude jouent donc un rôle certain, mais l'altitude au-dessus du niveau de la mer ne doit pas être prise en considération.

Il est donc assez difficile de prévoir d'avance si une ligne projetée traverse une zone de givre dangereuse. En dehors des éléments que l'on trouve sur la carte, l'élément vent local assez important est mal connu, de même que les températures moyennes des sources d'humidité et des zones de condensation.

Il faut aussi ne pas oublier que de temps à autre, en moyenne tous les dix ou onze ans, il se produit des perturbations atmosphériques anormales ou des dépôts de givre anormaux, s'étendant sur de vastes superficies.

A ce sujet, l'Institut Royal Météorologique de Hongrie écrit :
« D'importantes formations de givre se forment dans les régions « où, après de grands froids, une grande masse d'air saturée d'hu- « midité survient (passage d'une vague de vent chaud en hiver) « provoquant la formation d'un brouillard. Les vagues d'air mari- « time humide en question sont transportées par les vents du sud « ou du sud-ouest provenant du bassin méditerranéen ou par les « vents du Nord qui circulent au-dessus des ports du Danube entre « les Alpes et les Carpathes. Dans le 1er cas, il s'agit d'air mari- « time sous-tropique ; dans le 2^{e} cas, de courants d'air provenant « de l'Atlantique. Dans la plupart des cas, les courants d'air cir- « culent avec une grande rapidité dans les couches supérieures, « mais au sol la vitesse n'est le plus souvent que de 1 à 4 m : s.

« L'affaiblissement considérable de la vitesse du vent au niveau « du sol provient également des couches d'air froid de faible épais- « seur qui restent en suspension et qui doivent être considérées « comme condition nécessaire de la formation du givre ».

Il serait à souhaiter que les météorologues français discutent cette question. Nous avons personnellement l'impression que l'air maritime salin provenant de l'Atlantique ne donne jamais lieu en France à des dépôts de givre.

Dans le nord de la France, on peut dire qu'il n'y a de gelées que par des vents venant de l'est ou du nord. Les vents d'est n'amènent pas d'humidité. Seuls, les vents du nord (nord-ouest ou nord-est) paraissent donner lieu à du givre. Ils amènent, assez rarement, peut-être tous les dix ans, des tempêtes de neige qui interrompent les télécommunications. Mais il semble que ces vents auparavant balayent la Grande-Bretagne plutôt que la mer du Nord. En résumé, l'air salin ne favorise pas la formation du givre en France.

M. Botsuslav Hrudicka de l'Université de Másaryk à Brno conclut que la formation du givre dépend :

1° de la *latitude* : les longues périodes de froid sont propices à la gelée ;

2° de la *distance à la mer* : plus on s'éloigne de la mer plus le poids de ces produits diminue ;

3° de l'*altitude* : le nombre de jours par an où se forment les produits de gelée augmenterait de dix jours par 100 m ;

4° des *effets régionaux* ;

5° des *effets locaux*.

Ces conclusions ne semblent pas entièrement d'accord avec ce qu'on constate en France où ce n'est pas au bord de la mer qu'on constate les plus forts dépôts ; l'altitude n'est pas non plus un critère absolu ; c'est surtout au voisinage de cols dans les vallées de montagne ou sur les plateaux découverts environnés de coteaux boisés qu'on a constaté en France des dépôts de givre.

Nul doute que, dans l'avenir, la météorologie du givre ne fasse de grands progrès, lorsqu'on en aura au préalable défini d'une manière claire et précise les différents aspects. A l'heure actuelle, les avis sont divergents, parce que le même mot employé par différents auteurs ne s'applique pas toujours au même phénomène.

Influence du givre sur les ondes dirigées. — Pour terminer, signalons les résultats de l'enquête faite par la C.I.G.R.E., au sujet de l'influence du givre sur les télécommunications par ondes dirigées le long des lignes à haute tension.

La C^{ie} hydroélectrique d'Auvergne, la C^{ie} Electrique du Nord, la C^{ie} Electrique de la Loire et du Centre ont observé que les communications deviennent difficiles, voire impossibles lorsqu'il y a du givre.

Le Service Industriel électrique de la Ville de Vienne a constaté une diminution de l'intensité à la réception, et de temps en temps une déformation des mots.

D'autres Sociétés, telles le « Rhône et Jura », n'ont pas constaté de phénomène particulier parce que la zone givrée n'a que 2 km sur 141 km de longueur de la ligne.

On n'est pas d'accord sur la cause des perturbations observées et, du reste, aucun moyen n'a encore été trouvé pour y remédier.

Note sur la

MESURE DES CONSTANTES D'UNE LAMPE A TROIS ÉLECTRODES,

par J.-B. POMEY,
ancien inspecteur général des P.T.T.

En juin 1918, Miller a publié dans les *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* une méthode de mesure des constantes k et ρ de l'équation caractéristique de la lampe à trois électrodes. Cette équation est, comme l'on sait :

$$\rho I = V + ku - p$$

I étant le courant plaque-filament, V la tension plaque, u la tension appliquée à la grille, p une constante positive de faible valeur ; ρ est ce qu'on appelle la résistance interne, k est le coefficient d'amplification.

La méthode de Miller se décompose en deux mesures de réduction à zéro donnant respectivement k et ρ, pour les deux positions correspondantes données à un interrupteur.

Quand on connaît l'ordre de grandeur de k et de ρ, il peut être commode de mesurer simultanément k et ρ par une mesure de réduction à zéro unique, mais nécessitant tout de même un double réglage. Le montage diffère légèrement de celui de Miller. Les résistances pures du potentiomètre qu'il emploie sont remplacées par des impédances. La figure 1 représente une forme d'exécution.

Dans le circuit plaque de la lampe, on intercale une inductance L à la place de la résistance d'utilisation.

Dans le circuit potentiométrique, les deux bras sont des impédances ; leurs expressions imaginaires seront par exemple $R_1 + L_1\omega j$ et $L_2\omega j$, en appelant ω la pulsation de la source de courant harmonique du potentiomètre et j le symbole des imaginaires.

Le point F du potentiomètre est relié au filament de la lampe, le point G est relié à la grille et l'on suppose essentiellement qu'il ne passe aucun courant entre le filament et la grille.

Cela étant, on règle R_1 et L_1 de manière que les extrémités des inductances L_2 et L soient au même potentiel. C'est ce qu'on reconnaîtra en branchant entre les bornes A et B un téléphone. On poursuivra le réglage jusqu'au moment où l'on aura obtenu le silence. Cette branche téléphonique, où ne doit passer aucun courant, n'est pas représentée sur la figure.

Le courant alternatif qui passe dans la lampe est proportionnel

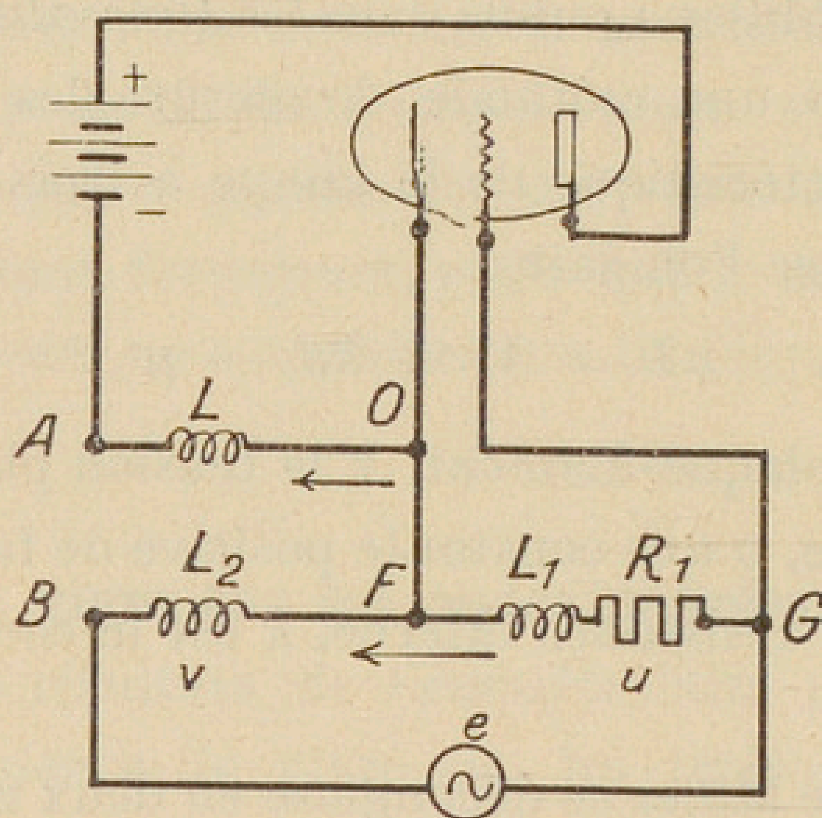


Fig. 1.

à la force électromotrice de la source de courant harmonique qui actionne le potentiomètre, mais les conditions d'équilibre sont indépendantes de cette force électromotrice.

Examinons d'abord le circuit potentiométrique. Il est parcouru par un courant harmonique. Employons la notation imaginaire. Prenons comme sens positif de courant le sens de G vers F, soit u l'excès du potentiel au point G sur le potentiel au point F, soit v l'excès du potentiel en F sur le potentiel en B. Comme le courant est le même tout le long du potentiomètre on a :

$$\frac{v}{L_2 \omega j} = \frac{u}{R_1 + L_1 \omega j} = \frac{e}{R_1 + (L_1 + L_2)\,\omega j} \tag{1}$$

en appelant e la force électromotrice appliquée.

Passons au courant plaque-filament.

Si l'on appelle E la force électromotrice de la pile qui polarise la plaque et I_0 le courant continu qui circule quand u est nul, on a :

$$\rho I_0 = E - p \tag{2}$$

D'autre part, l'équation caractéristique est

$$\rho I = V + ku - p \tag{3}$$

et si j'appelle i la partie variable du courant I, j'ai

$$I = I_0 + i \tag{4}$$

d'où, en retranchant (2) de (3)

$$\rho i = V - E + ku \tag{5}$$

Enfin, quand la lampe est en fonctionnement, j'ai

$$E - V = L \frac{\partial I}{\partial t} \tag{6}$$

d'où

$$\rho i = - L \frac{\partial I}{\partial t} + ku. \tag{7}$$

Dans les équations (2) à (7) les symboles relatifs aux grandeurs électriques sont des quantités réelles, mais si nous considérons l'équation (7), comme $\frac{\partial I}{\partial t}$ et $\frac{\partial i}{\partial t}$ se confondent, il ne reste plus dans cette équation que les grandeurs alternatives ; si donc nous passons à la représentation imaginaire, l'équation (7) devient

$$\rho i = - L\omega j i + ku \tag{8}$$

i et u désignant maintenant des imaginaires, ce qui est conforme à l'équation (1) où u figurait une imaginaire représentant la même tension.

Examinons maintenant l'équilibre qui amène le silence dans le téléphone. Les points A et B sont alors au même potentiel. Par conséquent, l'excès du potentiel de o sur A est égal à v et l'on a :

$$v = \mathrm{L}\omega j i \tag{9}$$

d'où, d'après (1), la valeur suivante pour u

$$u = \frac{L}{L_2} \cdot (R_1 + L_1 \omega j)\, i. \tag{10}$$

Reportons cette valeur dans (8), il vient :

$$\rho i = -L\omega j i + k \cdot \frac{L}{L_2}(R_1 + L_1 \omega j)\, i. \tag{11}$$

Le courant i est facteur commun. L'équation imaginaire se décompose en deux équations entre quantités réelles et l'on a :

$$\rho = k \cdot \frac{L}{L_2} R_1 \qquad -L + k \frac{L}{L_2} L_1 = 0 \tag{12}$$

ou

$$k = \frac{L_2}{L_1} \qquad \rho = \frac{L}{L_1} \cdot R_1. \tag{13}$$

Telles sont les valeurs de k et de ρ déduites de la condition d'équilibre.

On a vu que i avait disparu de l'équation (11), mais on peut remarquer que u est donné en fonction de e par la seconde équation (1) et qu'en reportant cette valeur de u dans (10) on obtient la valeur de i, savoir :

$$i = \frac{L_2}{L} \cdot \frac{e}{R_1 + (L_1 + L_2)\,\omega j} \tag{14}$$

Cette valeur de i n'a d'ailleurs pas d'intérêt pour la mesure que nous avions en vue, puisque c'est une méthode de réduction au zéro.

Note sur le

THÉORÈME D'ADDITION DES AFFAIBLISSEMENTS TRANSDUCTIQUES [1].

par M. BÉLUS
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Etant donné une chaîne de quadripôles Q_1, $Q_2 \dots Q_i \dots Q_n$, à l'origine de laquelle est connecté un émetteur E de force électromotrice E et d'impédance Z_E et dont l'extrémité est fermée sur un récepteur R, d'impédance Z_R, on peut employer les notations suivantes :

L'indice i désignant le quadripôle Q_i l'indice 1 l'entrée de ce quadripôle (c'est-à-dire ses bornes d'accès situées du côté de la source E) et l'indice 2 la sortie de ce quadripôle (c'est-à-dire ses bornes d'accès situées du côté du récepteur R) désignons par Z_{1E} l'impédance vue des bornes d'entrée du quadripôle Q_i vers la source, par Z^i_{1R} l'impédance vue des bornes d'entrée de ce quadripôle vers le récepteur.

On a évidemment $\quad Z^i_{2E} = Z^{i+1}_{1E}$.

D'autre part, désignons par $\overline{Z}$ l'imaginaire conjuguée de Z.

Prenons maintenant un quadripôle quelconque dans la chaîne par exemple le p^ième^ Q_p. Quand il est terminé dans ses conditions actuelles, désignons son affaiblissement transductique par B_p. Maintenant, laissons-le alimenté dans ses conditions actuelles, mais terminons-le du côté récepteur par une impédance $\overline{Z}^p_{2E}$ c'est-à-dire imaginaire conjuguée de l'impédance vue des bornes de sortie de ce quadripôle Q_p vers la source E ; appelons B'_p l'affaiblissement transductique de ce quadripôle Q_p dans ces conditions.

---

1. Nouvelle démonstration d'un théorème énoncé dans le document « CCIF 1932/1933. — 3ème C.R. -- Document N° 2 ».

D'autre part, laissons ce même quadripôle Q_p dans ses conditions actuelles de terminaison côté récepteur Z_{2R}^{p}, mais alimentons-le par une source d'impédance $\overline{Z_{1R}^{p}}$ c'est-à-dire imaginaire conjuguée de l'impédance vue des bornes d'entrée de ce quadripôle Q_p vers le récepteur R ; appelons B_p'' l'affaiblissement transductique de ce quadripôle Q_p dans ces conditions.

Enfin désignons par B l'affaiblissement transductique de l'ensemble de la chaîne de quadripôles considérés, terminée dans ses conditions actuelles, c'est-à-dire par l'émetteur (E, Z_E) et par le récepteur Z_R.

Nous allons d'abord démontrer que les affaiblissements B' s'ajoutent ; il suffit de le démontrer pour deux quadripôles, et,

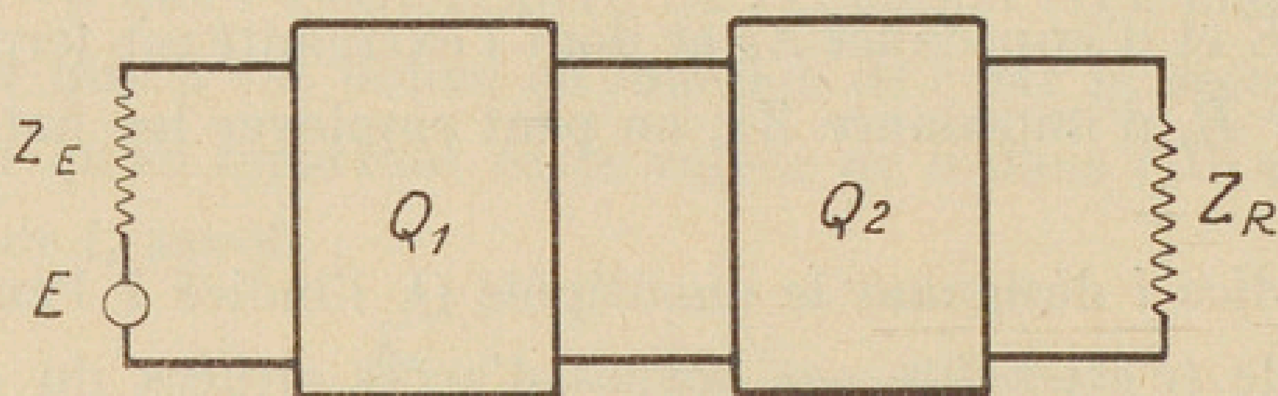


Fig. 1.

par récurrence, cela peut être étendu à un nombre n quelconque de quadripôles.

Soient donc deux quadripôles Q_1 et Q_2 (fig. 1). L'affaiblissement B'_1 du premier quadripôle est :

$$B'_1 = \frac{1}{2} \log_e \frac{P_{0M}}{P_{2M}^{1}}$$

en appelant P_{0M} la puissance réelle maximum que l'on peut extraire de la source (E, ZE) et P_{2M}^{1} la puissance réelle que l'on obtient, à la sortie du 1er quadripôle Q_1 quand il est alimenté à l'entrée dans ses conditions actuelles et quand il est terminé à la sortie par une impédance égale à $\overline{Z_{2E}^{1}}$ (cette dernière est la puissance réelle maximum qu'on peut obtenir à la sortie du quadripôle Q_1)

L'affaiblissement B'_2 du 2ème quadripôle Q_2 s'obtient en considérant d'une part la puissance réelle maximum que l'on peut extraire de la source fictive équivalente au système « source réelle

E, Z_E + premier quadripôle Q_1 » (c'est-à-dire justement P^1_{2M}) et, d'autre part, la puissance réelle que l'on obtient à la sortie du 2[eme] quadripôle quand il est alimenté à l'entrée dans ses conditions actuelles et quand il est terminé à la sortie par une impédance $\overline{Z}^2_{2E}$ (cette dernière est la puissance réelle maximum qu'on peut obtenir dans ces conditions à la sortie du 2[eme] quadripôle, soit P^2_{2M}).

On a donc :

$$B'_2 = \frac{1}{2} \log_e \frac{P^1_{2M}}{P^2_{2M}}.$$

Il devient alors évident que

$$B'_{1+2} = B'_1 + B'_2$$

Le théorème d'addition des affaiblissements B' étant démontré, si nous considérons maintenant une chaîne de n quadripôles Q_1, Q_2..... Q_{n-1}, Q_n, nous voyons immédiatement que l'on peut écrire, avec les notations précédentes :

$$B = \sum_1^{n-1} B' + B_n \qquad (1)$$

En effet, on a :

$$\underset{\substack{\text{(ensemble}\\ \text{des n−1 premiers}\\ \text{quadripôles)}}}{B'} = \frac{1}{2} \log_e \frac{P_{OM}}{P^{n-1}_{2M}}$$

et

$$B_n = \frac{1}{2} \log_e \frac{P^{n-1}_M}{P_R}$$

P_{OM} étant la puissance réelle maximum qu'on peut extraire de la source (E, Z_E) et P_R étant la puissance réelle recueillie effectivement dans le récepteur Z_R.

Par suite :

$$B = \frac{1}{2} \log_e \frac{P_{OM}}{P_R} = \underset{\substack{\text{(ensemble}\\ \text{des n−1 premiers}\\ \text{quadripôles)}}}{B'} + B_n = \sum_1^{n-1} B' + B_n.$$

Observons maintenant que, d'après le théorème de réciprocité, les divers affaiblissements transductiques considérés ci-dessus sont indépendants du sens de transmission.

Dans la chaîne des n quadripôles Q_1, Q_2... Q_{n-1}, Q_n, inversons la source et le récepteur ; nous aurons l'égalité suivante, obtenue en faisant correspondre des B'' aux B' de l'égalité précédente :

$$B = B_1 + B''_2 + \ldots\ldots + B''_n$$

ou

$$B = B_1 + \sum_2^n B''. \qquad (2)$$

Les égalités (1) et (2) étant démontrées, considérons dans la chaîne des n quadripôles Q_1, Q_2... Q_n le groupe G_p des quadripôles à partir du p^{ieme} (Q_p) jusqu'au dernier (Q_n).

En vertu des égalités (1) et (2) nous pouvons écrire :

$$B = B'_1 + B'_2 + \ldots\ldots + B'_{p-1} + B_{Gp}$$

en désignant par B_{G_p} l'affaiblissement transductique du groupe G_p dans ses conditions de terminaison actuelles, et :

$$B_{Gp} = B_p + B''_{p+1} + \ldots\ldots + B''_n .$$

Il en résulte :

$$\left. \begin{aligned} B = (B'_1 + B'_2 &+ \ldots\ldots + B'_{p-1}) \\ &+ B_p \\ &+ (B''_{p+1} + \ldots\ldots + B''_n \end{aligned} \right\} \qquad (3)$$

Ce dernier théorème s'énonce ainsi :

« L'affaiblissement transductique d'une chaîne de quadripôles s'obtient en prenant l'affaiblissement transductique d'un quadripôle quelconque de la chaîne dans ses conditions actuelles de terminaison, en lui ajoutant les affaiblissements transductiques de tous les quadripôles situés avant lui, terminés chacun à leur entrée dans les conditions actuelles et à leur sortie par l'impédance imaginaire conjuguée de celle vue des bornes de sortie vers la source, en lui ajoutant enfin les affaiblissements transductiques de tous les quadripôles situés après lui, terminés chacun à leur sortie dans les conditions actuelles et à leur entrée par l'impédance imaginaire conjuguée de celle vue des bornes d'entrée vers le récepteur ».

DOCUMENTS RELATIFS AU CALCUL DES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES.

Courbes d'appels perdus dans le cas de faisceaux de lignes complets, (1)

par Félix POLLACZEK.

N.D.L.R. — *Les résultats publiés ici prennent place à la suite des articles suivants qui ont déjà paru dans les* Annales des P.T.T. *et qui constituent des* documents relatifs au calcul des réseaux téléphoniques automatiques.

Milon, *décembre* 1916 : *Calcul du nombre d'organes commutateurs nécessaires dans un système de téléphonie automatique.*

Milon, *septembre* 1921 : *Calcul du nombre de sélecteurs ou de lignes auxiliaires.*

Pomey, *décembre* 1921 : *Téléphone et statistique.*

Erlang, *juillet-août* 1922 : *Solution de quelques problèmes de la théorie des probabilités présentant de l'importance pour les bureaux automatiques.* (*Extrait de* E.T.Z., *décembre* 1918).

Merker, *mars* 1924 : *Quelques remarques sur l'emploi du calcul des probabilités dans la détermination du nombre de sélecteurs d'un bureau téléphonique automatique.*

Molina, *mai* 1924 : *Application de la théorie des probabilités aux problèmes des jonctions téléphoniques* (*Extrait du* Bell system technical journal).

Vaulot, *février* 1925 : *Application du calcul des probabilités à l'exploitation téléphonique.* (*Extrait de la* R.G.E., 13 *sept.* 1924).

Erlang, *juillet* 1925 : *Application du calcul des probabilités en téléphonie.*

O'Dell, *octobre* 1927 : *Aperçu du problème des liaisons en téléphonie automatique.*

Erlang, *septembre* 1928 : *Quelques applications de la méthode de l'équilibre statistique dans la théorie des probabilités.*

Les courbes ci-après, calculées d'après une « théorie de l'attente dans les commutateurs téléphoniques » établie par l'auteur du présent article (2) représentent graphiquement la relation entre les appels perdus dans le cas d'un faisceau de lignes complet (c'est-à-dire un faisceau dont toutes les lignes sont accessibles à tous les

---

1. Extrait de la traduction d'un article paru dans la revue *Elektrische Nachrichten Technik*, n° 10, 1933.

2. Voir, du même auteur :
Théorie des Wartens vor Schaltern, *T.F.T.*, 1930, p. 71 à 78. Zur Theorie des Wartens vor Schaltergruppen, *E.N.T.*, 1932, p. 434 à 454.

appels de la même manière) d'une part, le nombre des lignes du faisceau et l'intensité du trafic d'autre part.

La figure 1 donne pour divers nombres de lignes $s = 1, 2...$ ou 200 la probabilité de perte (*Gesprächsverlust* ou proportion des

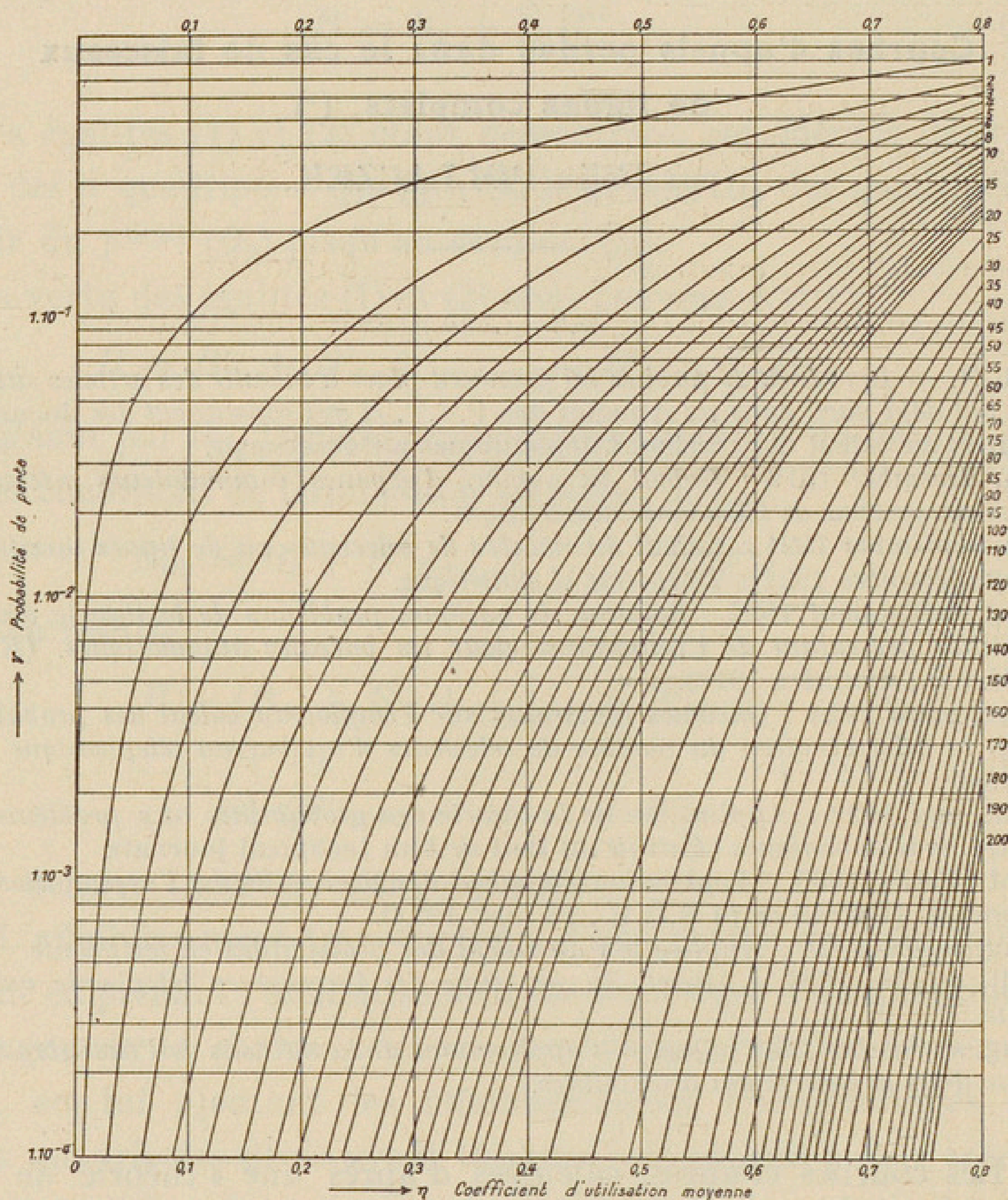


Fig. 1. — Probabilité de perte V en fonction du coefficient d'utilisation moyenne η. Les nombres (1 à 200) correspondant aux diverses courbes sont les nombres s des lignes du faisceau.

appels perdus) V en fonction du coefficient d'utilisation moyenne du faisceau (Ausnutzungsgrad) η, dont la valeur varie de 0 à 1. Sur la figure 2, on trouve, pour diverses probabilités de perte $V = 0{,}0001$, $0{,}0005$ etc..., le nombre de lignes s correspondant au trafic total ηs écoulé par le faisceau considéré exprimé en « cir-

cuits-minutes » (*ct*) ; dans les courbes de la figure 2, qui se présente de la manière utilisée d'ordinaire en téléphonie, seuls les points ayant des ordonnées correspondant à des nombres entiers ont une signification réelle.

Sur les deux figures les notations utilisées sont donc les suivantes :

V — probabilité de perte, c'est-à-dire la proportion des appels qui ne trouvent aucune ligne libre dans le faisceau considéré.

η (< 1) — coefficient d'utilisation moyenne, c'est-à-dire proportion du temps pendant lequel une ligne quelconque du faisceau est en moyenne occupée pendant les heures les plus chargées.

ηs — coefficient d'utilisation moyenne de l'ensemble des lignes du faisceau (pendant les heures les plus chargées).

La « théorie de l'attente » précitée donne entre ces grandeurs la relation suivante. On a tout d'abord

$$V = 1 - \frac{s(1-\eta)}{\prod\limits_{\varkappa=1}^{\varkappa=s-1}(1-Z_\varkappa)} \qquad (1)$$

où $Z_\varkappa$ ($\varkappa = 1, 2 \ldots s - 1$) sont les racines de l'équation

$$Z^s = e^{s\eta(z-1)} \qquad (1\ a)$$

avec

$$0 < \eta < 1$$

et

$$|Z_\varkappa| < 1.$$

De l'équation (1) on déduit la formule suivante qui se prête bien au calcul :

$$\log_e(1-V) = -\eta s \sum_{\nu=1}^{\nu=\infty} e^{-\eta s\nu} \sum_{\mu=s\nu}^{\mu=\infty} \frac{(\eta s\nu)^{\mu-1}}{\mu\,!} \qquad (2)$$

avec $\quad 0 < \eta < 1$

La figure 1 a été dessinée d'après une formule approchée déduite de la formule ci-dessus pour le cas où s est grand et où η est voisin de 1.

On voit immédiatement comment les courbes de la figure 2 ont été déduites de celles de la figure 1 pour une valeur constante

de la probabilité de perte (V = constante) : on prend pour chaque valeur de V les intersections des diverses courbes avec une parallèle à l'axe des abscisses correspondant à la valeur de V considérée ; les abscisses des points d'intersection donnent les valeurs de η correspondant aux diverses valeurs de s (pour V = constante) ;

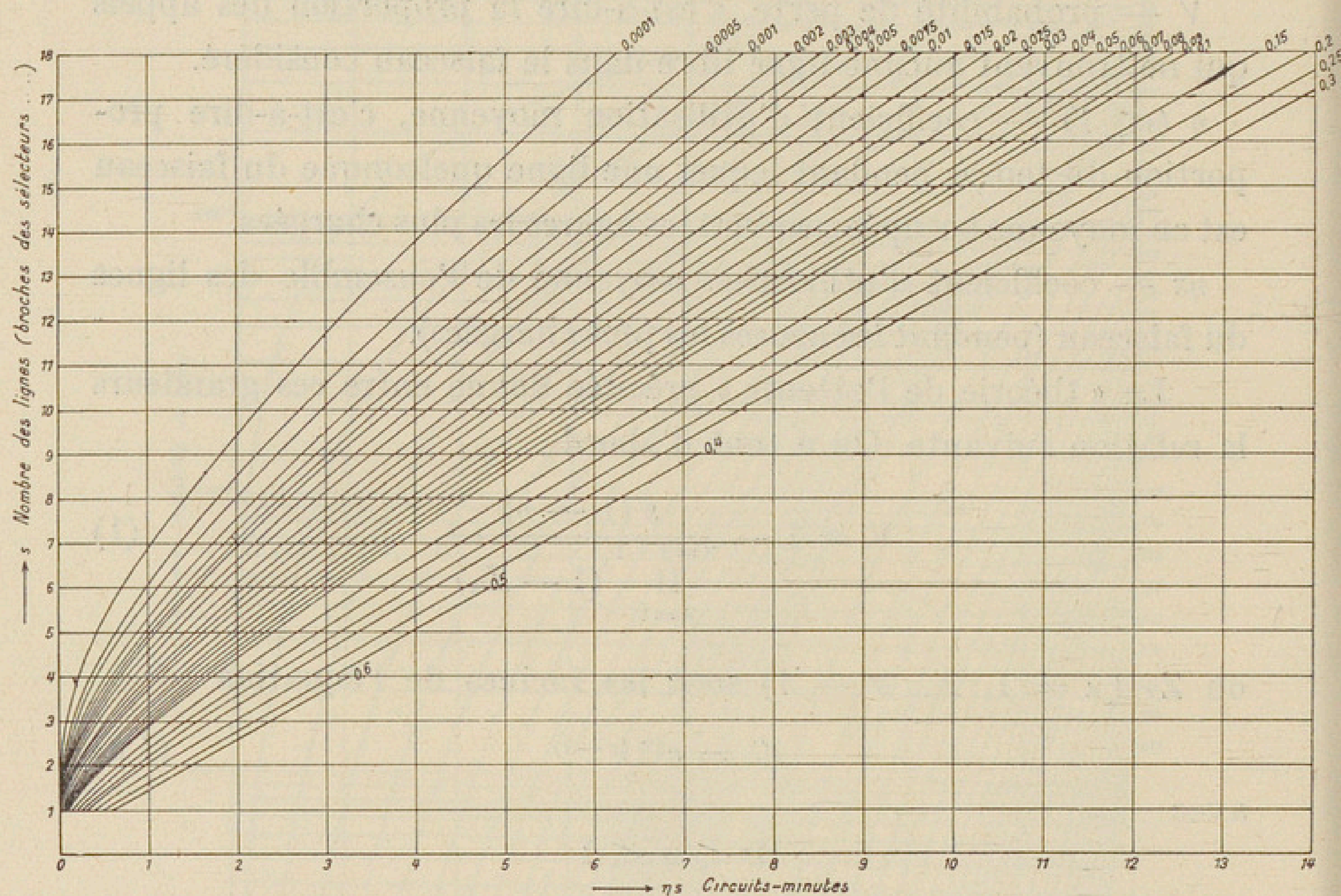


Fig. 2. — Courbes d'égale probabilité de perte. Les nombres (0,001 à 0,6) portés sur les diverses courbes correspondent aux valeurs successives de la probabilité de perte V.

il suffit alors de tracer les courbes de la figure 2 qui ont pour coordonnées : s et ηs.

Dans l'établissement de la formule 1 (ou de la formule 2) on a fait les hypothèses suivantes :

1. — Trafic continu (c'est-à-dire période de fort trafic d'une longueur infinie) ; cette hypothèse correspond à peu près à celle sur laquelle repose la théorie d'Erlang et les autres théories qui admettent que les phénomènes qui se passent sur le faisceau de lignes sont en « équilibre statistique ».

2. — Tous les appels satisfaits ont la même durée d'occupation des lignes.

3. — Les appels se produisent au hasard ; mais, contrairement à la théorie des appels perdus d'Erlang, une personne qui n'a pas eu satisfaction lors de son premier appel ne renonce pas à son intention, mais au contraire appelle à nouveau à de petits intervalles de temps jusqu'à ce qu'elle trouve une ligne libre.

La première hypothèse a été faite pour éliminer des formules l'influence (quantitativement peu importante, mais surchargeant beaucoup les calculs numériques) du début et de la fin de la période de fort trafic. La troisième hypothèse a pour effet que la probabilité de perte ici définie (contrairement à celle qui résulte de la théorie d'Erlang) dépend également de la distribution des durées d'occupation des lignes par les divers appels et par suite de la deuxième hypothèse ci-dessus. Si l'on admettait pour ces durées d'occupation une distribution de type exponentiel, c'est-à-dire si la probabilité pour qu'une durée d'occupation supérieure à t se produise était prise égale à e^{-t}, on aurait pour l'expression de la probabilité de perte V, au lieu de la formule (1) ci-dessus, la formule déjà établie par Erlang :

$$V = \frac{1}{\sum\limits_{\varkappa=0}^{\varkappa=s-1} \binom{s-1}{\varkappa} \frac{(\varkappa+1)\,!}{(\eta s)^{\varkappa+1}}} \qquad (3)$$

L'auteur a également réussi à étudier l'effet d'une distribution, quelconque et donnée *a priori*, des durées d'occupation relatives aux divers appels.

LES MÉTHODES D'ÉTUDE DE LA CORROSION, [1]

par Nathalie GOLDOWSKI,
Docteur de l'Université de Paris.

Les alliages métalliques se trouvent exposés à l'attaque des liquides, des vapeurs, des gaz avec lesquels on les met en contact. En outre, ils sont soumis aux conditions du milieu, parfois l'eau de mer, plus souvent les eaux douces, toujours les intempéries de l'atmosphère.

La diversité des alliages actuellement réalisés par l'industrie métallurgique et la multiplicité des usages pour lesquels on les propose ont conduit, en ces dernières années, non seulement à étudier les mécanismes de corrosion (voir *La Nature*, n° 2955), mais aussi à déterminer des méthodes d'essais permettant de reproduire expérimentalement, d'une manière précise et plus ou moins rapide, les lents effets naturels de corrosion du milieu. On obtient ainsi des renseignements exacts, précieux pour le choix des matériaux à mettre en œuvre dans chaque cas particulier.

On sait aujourd'hui qu'il peut y avoir autant de corrosions que d'agents corrosifs et qu'un métal choisi pour sa tenue au contact d'acides peut être détestable en présence d'alcalins ou d'eau de mer. Les essais doivent donc être pratiqués en présence du milieu même d'utilisation et l'on ne doit plus parler d'alliages corrodables ou incorrodables sans préciser dans quelles conditions.

D'autre part, les effets de la corrosion dépendent de l'usage qu'on prévoit pour le métal. S'il s'agit d'un revêtement décoratif brillant, le simple ternissement sera déplorable, tandis qu'il ne présentera aucun inconvénient pour des conduites ou des charpentes dont seule importe la rigidité. La corrosion en surface,

---

1. Reproduction d'un article publié dans la revue *La Nature*, n° 2957, 15 juillet 1935.

celle en profondeur ou intercristalline modifieront très différemment les qualités mécaniques du métal : résistance, porosité, élasticité, etc., si bien qu'un mode d'attaque, admissible dans un cas, conduirait dans un autre à des catastrophes.

Les essais de corrosion ne peuvent donc servir à classer des alliages métalliques qu'aux conditions suivantes : ils doivent employer comme milieu d'attaque celui-là même qu'on redoute à l'usage ; ils doivent reproduire aussi fidèlement que possible les effets de la corrosion naturelle ; les mesures doivent spécialement porter sur les qualités mécaniques et physiques dont la conservation importe davantage.

En ces dernières années, le Ministère de l'Air s'est particulièrement occupé de ces questions, à cause des nécessités de sécurité dans la construction métallique des avions et des hydravions. Une commission d'études de la corrosion, présidée par le général Grard, a accompli un travail considérable de recherches, en liaison avec les établissements métallurgiques intéressés, les services d'Etat utilisateurs et les laboratoires scientifiques. Peu à peu, des règles, des techniques d'essais se sont précisées qui sont aujourd'hui devenues officielles et sont largement utilisées partout. Nous voudrions les passer ici en revue en examinant successivement les milieux corrosifs, les méthodes d'attaque, les mesures de corrosion.

I. — Milieux corrosifs.

Dans l'aviation et la marine, le milieu corrosif est généralement l'eau, particulièrement l'eau de mer, et les embruns. On s'est donc borné à étudier l'attaque des métaux, spécialement des alliages légers, à la mer et par des solutions artificielles définies comparables à l'eau de mer.

Eau de mer naturelle. — S'il s'agit d'étudier la résistance des alliages légers à l'action de l'eau de mer, il semble, à première vue, que le moyen d'étude le plus simple consisterait à plonger les métaux dans la mer elle-même. Mais cela ne va pas sans difficultés ni sans inconvénients. Toutefois les observations de longue

durée à la mer peuvent seules servir de référence aux essais de laboratoire.

Si l'on prend l'eau de mer naturelle comme solution d'attaque, plusieurs difficultés surgissent. Tout d'abord le transport de l'eau de mer en grandes quantités se heurte à des difficultés administratives. Si même on arrive à en obtenir une quantité suffisante, l'eau de mer conservée dans des bonbonnes subit des altérations importantes. Au bout de quelque temps des micro-organismes pullulent, le pH varie, des algues apparaissent à la lumière, l'eau s'évapore plus ou moins ; tout cela amène de telles transformations dans le liquide que son action est loin de rester identique à celle de l'eau initiale.

En présence de ces difficultés de livraison et de conservation, on a songé à reproduire au laboratoire une eau de mer artificielle dont l'action serait comparable à celle de l'eau de mer naturelle.

Eaux de mer artificielles. — Jusqu'à présent la composition de l'eau de mer artificielle dont l'action serait comparable à celle de l'eau de mer naturelle ou tout au moins voisine de celle-ci, n'a pas été déterminée d'une façon définitive. On a employé, en Italie en particulier, une eau de mer synthétique où l'on cherchait à reproduire les concentrations moyennes des différents sels contenus dans l'eau de mer. L'inconvénient de cette méthode consiste dans une difficulté de dosage : en effet de faibles erreurs de dosage de certains sels comme par exemple du sulfate de calcium, du sulfate de magnésium ou du chlorure de magnésium peuvent entraîner de grandes variations dans l'action corrosive de la solution ; la résistance du duralumin à la corrosion diminue du simple au double quand la concentration en sulfate de calcium passe de 0,04 à 0,16 pour cent ; pour la même variation de la concentration en chlorure de magnésium la corrosion diminue quatre fois. On voit qu'un dosage extrêmement précis s'impose quand on veut effectuer des mesures comparatives.

Le plus souvent on n'emploie pas une eau de mer synthétique, mais on prend, pour simplifier le mode opératoire, une solution à 3 % de chlorure de sodium ; cette façon d'opérer est très simple ;

elle a toutefois l'inconvénient de fournir une solution beaucoup plus acide et plus active que l'eau de mer.

Pour éviter cette difficulté on a eu, dans ces dernières années, tendance à employer une solution de NaCl à 3 % additionnée de $MgCl^2$ à 0,3 % (c'est la concentration moyenne du chlorure de magnésium dans l'eau de mer naturelle). En effet $MgCl^2$ ralentit l'action de NaCl.

Une autre solution du problème a été proposée par M. Legendre. Il utilise une solution de NaCl à 3 % additionnée d'un mélange de bicarbonate de sodium avec de l'acide borique. Cette solution additionnelle joue le rôle d'un mélange tampon et antiseptique, ce qui permet de maintenir le liquide d'attaque à un pH déterminé et constant égal à 8. Ceci est un fait de la plus haute importance car l'action corrosive d'une solution varie avec son pH. La comparaison des résultats obtenus à la mer dans des conditions naturelles et dans divers laboratoires avec cette solution artificielle a montré que son action est très comparable à celle du milieu marin. Comme elle fournit un milieu d'attaque bien défini, sa formule de préparation a été normalisée par l'aéronautique française.

II. — Méthodes d'attaque.

Essais à la mer. — Comme nous l'avons dit plus haut, un des moyens d'étude consiste à essayer les métaux dans la mer même. Cette façon d'opérer qui apparaît au premier abord très simple ne l'est pas en réalité. En effet, il est impossible d'attacher les échantillons dans la mer ouverte car la moindre tempête suffit à rompre toute attache. Il faut donc effectuer les essais dans des bassins où l'eau se renouvelle sans être trop agitée.

Ces essais sont en général assez longs. Effectués en des saisons différentes, ils ne peuvent être comparables, car la température, les végétations et les coquillages qui se fixent sur les éprouvettes varient suivant les saisons. Or les végétations qui recouvrent parfois entièrement l'échantillon peuvent le protéger ou au contraire accélérer l'attaque. Pour avoir des moyens d'étude constants et

définis afin d'obtenir des résultats comparatifs, il faut donc avoir recours aux essais de laboratoire.

Essais de laboratoire. — Tous les essais de laboratoire sont conçus dans l'idée d'accélérer l'attaque afin d'éviter la trop longue durée de l'expérience.

Cette accélération de l'attaque doit être réalisée de façon à ne pas introduire de facteurs n'ayant rien de commun avec les conditions naturelles. Il s'agit de rendre les conditions naturelles plus intenses sans pour cela introduire de facteurs aberrants. Cette accélération est obtenue de diverses façons.

Immersions et émersions alternées. — Si un échantillon est entièrement plongé dans l'eau, la corrosion qu'il subit est toujours moins intense que lorsqu'il est mouillé et séché alternativement, car l'oxygène de l'air rend l'attaque plus intense. D'ailleurs, dans la pratique on a souvent constaté le fait que les parties d'une construction subissant l'action de la mer par intermittence sont plus fortement attaquées que celles qui sont constamment immergées.

C'est le principe sur lequel on s'est basé pour mettre au point les essais de laboratoire par immersions et émersions alternées.

Les dispositifs qui servent à produire cette périodicité de l'action de l'eau de mer et de l'air sont divers. Ainsi on emploie souvent une grande roue sur laquelle sont fixés les échantillons ; cette roue qui tourne avec une vitesse déterminée est disposée au-dessus d'un récipient rempli de liquide corrosif ; chaque échantillon se trouve ainsi au contact de ce liquide pendant quelques instants et se trouve à l'air pendant le reste du temps que dure la rotation. La vitesse de la roue est réglée de telle sorte que l'échantillon ait le temps de sécher avant d'arriver de nouveau dans le liquide.

Ce n'est qu'un modèle parmi beaucoup d'autres dont le principe reste le même. C'est seulement le temps d'exposition dans l'eau et dans l'air qui varie. Dans quelques laboratoires on préfère mouiller simplement l'échantillon et le laisser dans l'air jusqu'au séchage complet ; dans d'autres, on prolonge le temps d'immer-

sion dans le liquide pendant quelques minutes ou plus. On peut encore activer le séchage en ventilant.

Dans l'appareil normalisé par l'aéronautique française, l'échantillon reste alternativement 30 minutes dans l'eau et 30 minutes dans l'air. C'est un appareil constitué par un cadre sur lequel sont suspendues les éprouvettes. Sous chaque éprouvette est disposé un bac rempli de liquide d'attaque. Au milieu du cadre se trouve un axe, en relation avec un appareil à déclenchement automatique qui fait basculer le cadre avec les éprouvettes autour de l'axe, de sorte que lorsqu'une moitié des éprouvettes est plongée dans l'eau l'autre moitié sèche et inversement.

Brouillard salin. — Le procédé de corrosion décrit ci-dessus a l'inconvénient d'être assez lent ; ainsi pour obtenir des résultats nets, il faut prolonger l'expérience plusieurs mois pour les alliages légers et un an pour les métaux ferreux.

Le procédé au brouillard salin a l'avantage d'accélérer l'attaque d'une façon appréciable. Cette méthode (venue d'Amérique où elle est employée à grande échelle sous le nom de Salt Spray) consiste dans une pulvérisation du liquide. L'échantillon est plongé dans une atmosphère de fines gouttelettes du réactif d'attaque, obtenue à l'aide d'un pulvérisateur. L'opération se fait dans des caisses doublées de plomb, inattaquables par l'eau de mer.

Méthode accélérée à l'eau oxygénée. — On s'est servi, pendant plusieurs années, de solutions d'eau de mer additionnées d'eau oxygénée dans lesquelles on immergeait les échantillons pendant des temps variables. Cette méthode avait pour but d'accélérer l'attaque : effectivement l'addition de l'eau oxygénée, surtout en fortes proportions, constitue un réactif extrêmement actif et certains alliages légers y sont détruits en quelques jours. Bien que ce soit une méthode réellement « accélérée » les résultats obtenus se rapprochent si peu de ceux acquis dans l'eau de mer qu'on a été obligé de renoncer à ce moyen de production de la corrosion.

Méthode accélérée à l'oxygène. — A la place de cette dernière méthode sont apparus d'autres procédés dont le principe repose sur le rôle extrêmement actif que joue l'oxygène dans les phénomènes de corrosion.

En augmentant la proportion d'oxygène dans le liquide d'attaque on n'introduit pas de facteurs nouveaux, comme dans le cas précédent, on ne fait que renforcer les conditions naturelles.

Dans ces dernières années, on a mis au point différentes méthodes d'étude utilisant des bains très riches en oxygène dissous, soit en faisant barboter de l'oxygène dans la solution d'attaque, soit en plongeant l'échantillon dans un milieu maintenu sous une certaine pression d'oxygène (jusqu'à 20 kg). Ces méthodes rendent les essais de laboratoire notablement plus rapides et elles ont l'avantage de produire des conditions assez semblables aux conditions naturelles. Les résultats obtenus dans la mer ou dans l'atmosphère marine au bout de plusieurs mois sont tout à fait comparables à ceux obtenus dans le laboratoire au bout de quelques jours, ce qui parle en faveur de ces dernières méthodes.

III. — Mesures de corrosion.

Si les moyens de production de la corrosion sont très nombreux, les moyens de mesure se limitent en général à deux catégories distinctes : mesure de la perte de poids et mesure de la perte des caractéristiques mécaniques.

Perte de poids. — Le moyen le plus simple d'estimer une corrosion est de mesurer la perte de poids de l'échantillon au cours de l'attaque. Cette mesure doit se faire avec certaines précautions, car le métal augmente de poids par suite de l'accumulation des produits de la corrosion à sa surface. Il faut donc ne peser l'échantillon qu'une fois ces produits de corrosion éliminés. Pour cela, il faut choisir un réactif capable de les dissoudre sans attaquer le métal.

L'état de surface joue d'ailleurs un grand rôle aussi bien au

début qu'à la fin de l'expérience. Avant de commencer l'attaque, il faut être sûr qu'aucune tache de graisse ni de corps étranger ne subsiste, un nettoyage très soigné s'impose donc avant la pesée de l'échantillon.

Si ces précautions sont remplies, la précision qu'on peut atteindre dans la mesure de la perte de poids est très grande.

Ce moyen d'apprécier la corrosion, bien que très précis, n'est valable que dans des cas restreints, à savoir quand l'attaque est uniforme et intéresse la surface entière de l'échantillon.

Dans beaucoup de cas la corrosion est loin d'être uniforme, elle se manifeste par piqûres isolées, localisées et profondes, et dans ces cas, on préfère en général mesurer la corrosion par la diminution des propriétés mécaniques sur la détermination desquelles nous allons faire quelques remarques.

Perte des propriétés mécaniques. — Pour effectuer des essais mécaniques sur les tôles (essais de traction ou d'emboutissage), il faut, comme on le sait, préparer les éprouvettes.

Or, autrefois, on a effectué les essais de corrosion sur des éprouvettes déjà usinées. Cette façon de faire donne des résultats tout à fait erronés. En effet, au cours de la corrosion, les éprouvettes s'attaquent surtout sur les bords, ce qui crée des amorces de rupture. Il en résulte que lorsqu'on effectue les essais mécaniques sur de telles éprouvettes on arrive souvent à un abaissement excessif de la résistance.

Pour parer à cet inconvénient on préfère maintenant soumettre les métaux à l'essai de corrosion sous forme de plaques dans lesquelles on découpe ensuite les éprouvettes servant aux essais mécaniques.

En effectuant les mesures sur des éprouvettes non attaquées, puis sur des éprouvettes soumises à la corrosion pendant des temps variables, on peut étudier la diminution des propriétés mécaniques en fonction du temps.

Quand il s'agit des profilés ou des métaux fondus, on prépare des éprouvettes de traction rondes, des éprouvettes de fatigue ou de choc qu'on soumet à la corrosion directement. Dans ce cas

l'influence des bords étant éliminée par la forme même des éprouvettes, on soumet après l'essai de corrosion les éprouvettes aux essais mécaniques désirés.

***

Ces nouvelles méthodes d'étude de la corrosion constituent un très grand progrès. En métallurgie, elles permettent de contrôler les fabrications et de garantir réellement le bon usage des produits. Pour les services utilisateurs, elles précisent les conditions d'achat et de réception. Elles fournissent une sécurité qui a trop longtemps manqué aux constructions métalliques et notamment à celles de la marine et de l'aviation.

APPEL DE LA TABLE D'ESSAIS ET DE MESURES AU MOYEN D'UN SIFFLET [1],

par M.-L. ALMQUIST.

Les agents des lignes chargés de l'entretien des circuits interurbains en fils nus aériens ont souvent à appeler la table d'essais et de mesures, aussi bien pour demander des instructions concernant les dérangements à relever que pour signaler que ceux-ci ont été relevés. Ils appellent également pour demander au bureau central de procéder à des mesures lorsqu'ils éprouvent des difficultés pour trouver le dérangement. Pour rendre ces communications possibles, l'agent des lignes est muni d'un poste téléphonique logé dans une boîte transportable et munie d'une courroie qui permet de porter la boîte à l'épaule. Lorsqu'il désire appeler la table d'essais et de mesures, l'agent branche son appareil sur les deux conducteurs d'un circuit ; il écoute pour s'assurer que l'on ne parle pas sur le circuit ; il tourne une manivelle placée sur un côté de la boîte, actionnant ainsi un appel magnétique. Cette méthode a été employée pendant de nombreuses années, mais certains changements apportés aux réseaux téléphoniques ont imposé à la signalisation des exigences nouvelles, et si, quelque jour, vous voyez un agent des lignes assis sur une traverse et en train de souffler dans un sifflet métallique, ne soyez pas autrement surpris : c'est l'application d'une nouvelle méthode pour appeler l'opérateur du service des essais et mesures.

Primitivement, on utilisait sur tous les circuits interurbains du courant d'appel à basse fréquence (16 2/3 ou 20 p : s) ; aujourd'hui encore il en est ainsi sur de nombreux circuits. Dans ce cas,

---

1. Traduction d'un article paru dans la revue *Bell Laboratories Record*, t. XIII, n° 8. avril 1935.

l'appareil téléphonique de l'agent des lignes comporte un appel magnétique actionné à la main et agencé de telle manière qu'on obtienne la fréquence voulue en tournant la manivelle à une vitesse normale. Mais, sur une paire de conducteurs affectée simultanément à la télégraphie par courant continu et à la téléphonie on ne peut pas utiliser un courant d'appel à basse fréquence. C'est pourquoi sur les nouveaux circuits interurbains on a adopté de bonne heure la signalisation avec du courant à 135 p : s. Pour que les agents des lignes puissent appeler sur ces circuits, l'appareil téléphonique mis à leur disposition a été muni d'un interrupteur monté sur l'arbre de l'appel magnétique ; le courant de celui-ci était ainsi interrompu à une fréquence de 135 p : s.

Plus récemment, on s'est très souvent servi de la signalisation

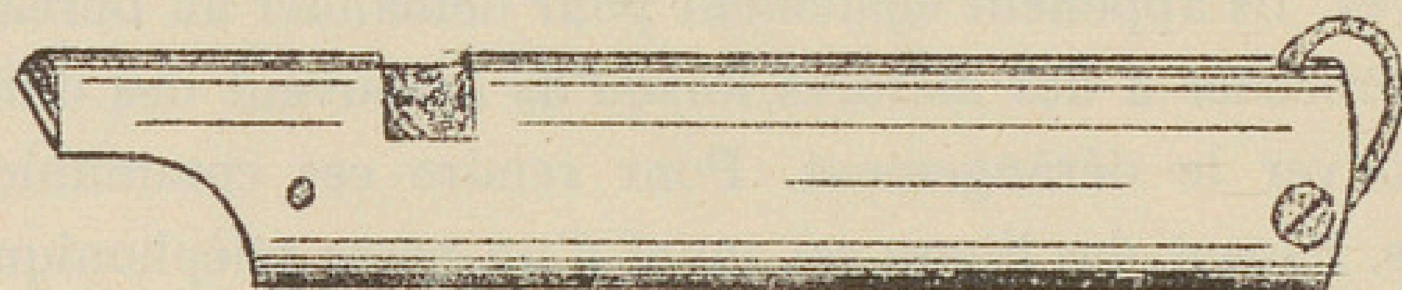


Fig. 1. — Sifflet d'agent des lignes.
Il émet un son à 1000 p:s (interrompu) qui sert pour appeler sur les circuits interurbains.

à fréquence vocale, en particulier sur les très longs circuits pourvus de répéteurs intermédiaires. Cette méthode est avantageuse parce que les courants de signalisation sont amplifiés par les répéteurs, de la même manière que les courants de conversation, si bien qu'il n'est pas nécessaire de prévoir, aux points intermédiaires, des dispositifs spéciaux chargés de retransmettre les signaux d'appel. Les systèmes d'appel à fréquence vocale fonctionnent avec un courant à 1000 p : s, interrompu vingt fois par seconde. Ces interruptions d'une durée très précise, donnent un signal que la voix ne peut pas reproduire facilement. Les dispositifs récepteurs des signaleurs sont particulièrement sensibles à la fréquence (20 p : s) des interruptions du courant d'appel à 1.000 p : s ; ils ne fonctionnent donc pas sous l'effet des courants vocaux.

Dans les bureaux centraux téléphoniques, le courant à 1.000 p : s interrompu vingt fois par seconde est fourni par des groupes

convertisseurs pourvus de régulateurs de vitesse afin que les interruptions de courant se fassent avec une fréquence convenable. Quel appareil donner à l'agent des lignes pour lui permettre d'appeler sur les circuits de ce genre ? Cette question présentait quelque difficulté.

Il était indispensable de trouver un dispositif peu coûteux et léger ; d'autre part, avec un appareil actionné à la main, il était difficile d'obtenir une fréquence d'interruption régulière. Toutefois, on savait qu'il était possible d'émettre un son vocal ressemblant au son qui correspond à un courant de 1.000 p : s interrompu ; il suffit pour cela d'émettre un son soutenu, d'une fréquence voisine de 1.000 p : s, mais en faisant vibrer la langue. En fait, avec l'ancien type de signaleur, d'une syntonie moins aiguë que celle

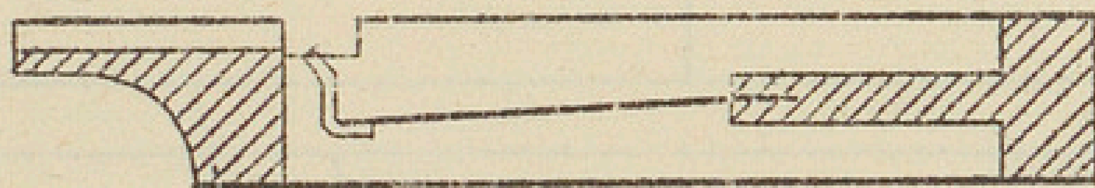


Fig. 2. — Le sifflet vu en coupe.
On remarque la lame vibrante qui interrompt 20 fois par seconde le son de fréquence 1000 p:s.

du type nouveau, il était possible avec un peu d'habitude d'actionner la sonnerie en procédant ainsi. La difficulté éprouvée pour produire et conserver convenablement la fréquence d'interruption du courant d'appel, rendait cette méthode impraticable, mais elle donna l'idée d'une solution très satisfaisante, concrétisée sous la forme d'un petit sifflet représenté sur la figure 1.

Ce sifflet, dont l'extrémité est fermée, a une longueur calculée pour qu'il émette un son de 1.000 p : s. Pour obtenir les interruptions, on a monté dans le sifflet une lame vibrante disposée de façon qu'elle coupe à certains moments l'arrivée de l'air, ce qui interrompt le son de 1.000 p : s à une fréquence convenable (voir fig. 2). La petite pièce métallique qui se trouve au bout de la lame vibrante sert à deux fins : 1° formant contrepoids, elle garantit une fréquence de vibration convenable ; 2° elle sert de clapet pour interrompre le courant d'air insufflé (une fois par période d'interruption du courant d'appel à engendrer).

Pour appeler sur un circuit avec un sifflet de ce genre, l'agent des lignes branche son poste téléphonique sur la paire de fils convenable et siffle devant l'embouchure de son microphone. Celui-ci transforme le son du sifflet en courant électrique ; ce courant circule le long de la ligne et actionne la sonnerie à l'extrémité de la ligne. La figure 3 représente, en bas, un oscillogramme du courant engendré en sifflant devant le microphone, et en haut, l'oscillogramme du courant engendré par un groupe convertisseur qui sert

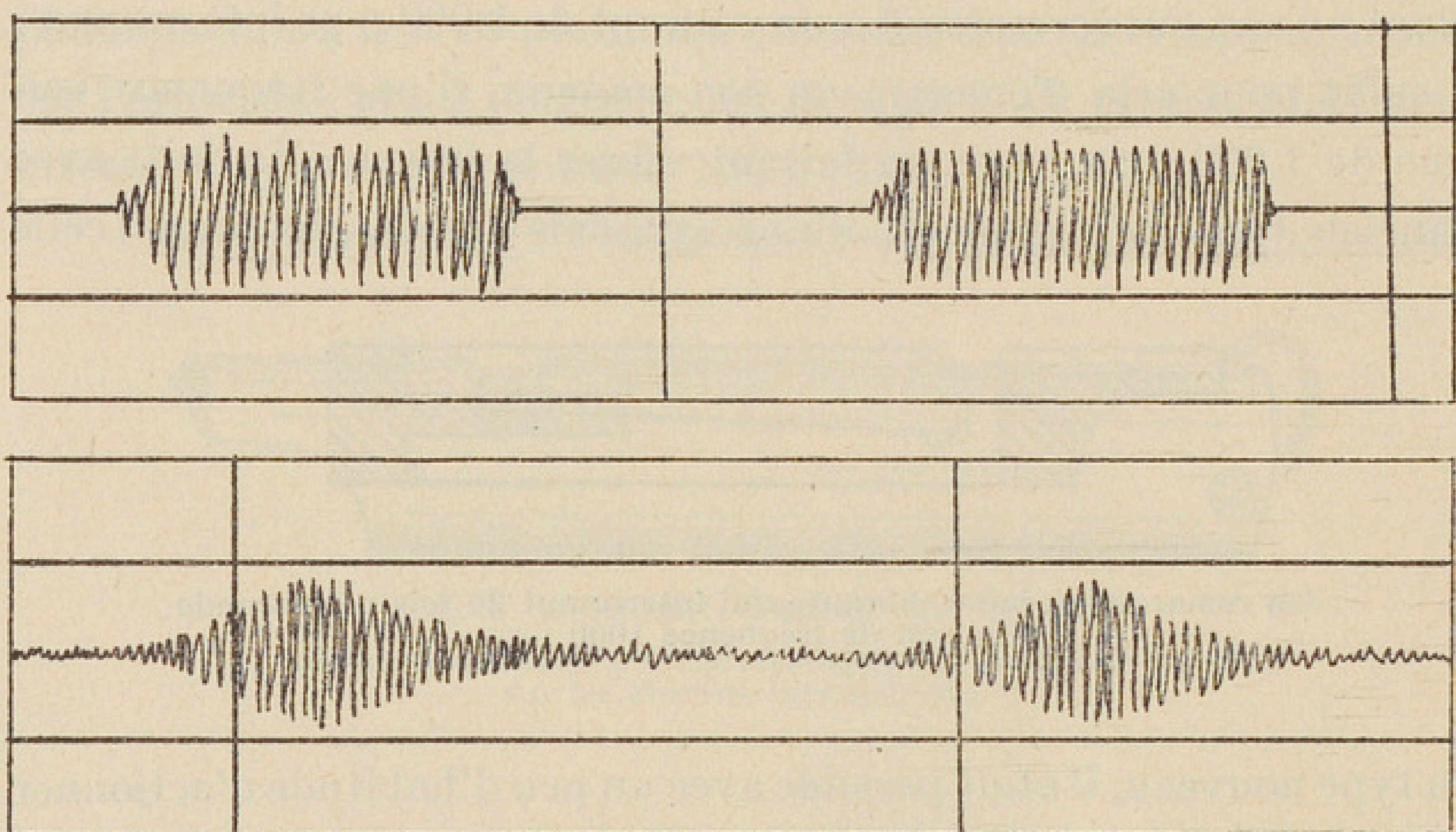


Fig. 3. — Oscillogramme du courant d'appel à 1000 p : s. interrompu 20 fois par seconde.

En haut : oscillogramme d'un courant engendré par un groupe convertisseur.
En bas : oscillogramme du courant engendré par le sifflet.

à produire le courant d'appel dans le bureau central téléphonique. Les deux ondes représentées sont celles d'un courant dont le fondamental a une fréquence de 1.000 p : s et qui varie en amplitude comme il convient. Bien que les enveloppes des deux ondes diffèrent légèrement l'une de l'autre, les différences ne sont pas telles qu'elles puissent nuire au bon fonctionnement de la sonnerie.

Le sifflet, dont la longueur est égale à 11 cm environ et le diamètre à 2 cm, est léger. L'agent des lignes peut le loger dans sa poche ou le suspendre à la courroie de la boîte renfermant l'appareil téléphonique. Non seulement ce sifflet sert aux agents des lignes, mais

encore, dans les stations de répéteurs intermédiaires, les opérateurs l'utilisent pour appeler sur les circuits où ce genre de signalisation est employé. Un certain nombre de ces stations ne possèdent pas de source de courant d'appel à 1.000 p : s ; pour ces stations-là, le sifflet constitue un dispositif d'appel tout à fait convenable et peu coûteux.

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

DISPOSITIFS ANTIPARASITES POUR CIRCUIT TÉLÉPHONIQUE.

par R. BIGORGNE ET P. MARZIN,
ingénieurs des Postes et Télégraphes.

Les dispositifs antiparasites décrits dans le présent article ont eté mis au point par les auteurs au début de l'année 1935 (*Etude n°* 348, *en date du* 1er *juin* 1935, *du Service d'Etudes et de Recherche techniques de l'administration française des P.T.T.*). *Depuis lors, à la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension* (27 *juin*-6 *juillet* 1935), *M. E.J. Aubort a indiqué qu'on peut, dans certains cas, débarrasser une communication téléphonique des bruits induits par un réseau à haute tension en utilisant des postes téléphoniques à émission amplifiée et à reception affaiblie* (« *De quelques cas recents d'élimination des bruits dus au voisinage des installations à courant fort et à courant faible* » *Rapport n°* 342) : *M. E.J. Aubort donne à cette occasion la référence d'un brevet de M. Marius Latour* (*Brevet français n°* 501.508 XII. 4. *du* 21 *décembre* 1918).

Ainsi que M. E.J. Aubort le met en lumière au début de son rapport, quand on veut atténuer le trouble subi par les conversations téléphoniques sans s'attaquer à la cause du trouble, c'est-à-dire sans toucher aux installations perturbatrices à haute tension et sans modifier les conditions de voisinage des lignes à haute tension et des lignes telephoniques, on n'a d'autre ressource que d'élever le niveau relatif des courants de conversation par rapport aux courants induits au moyen d'installations spéciales placées sur les lignes téléphoniques : les postes téléphoniques à amplificateur microphonique et à récepteur shunté de M. M. Latour et les dispositifs antiparasites décrits ci-après dérivent de cette idée commune.

(*Note des auteurs*).

I. Introduction.

Un circuit téléphonique aérien, placé au voisinage d'une ligne électrique industrielle, est le siège de bruits induits qui gênent les conversations. En général, on réduit ces bruits induits à une valeur tolérable en prenant, dans la construction du circuit téléphonique, certaines précautions d'une efficacité éprouvée (rotations ou croisements par exemple). Mais il est des cas où ces précautions s'avèrent insuffisantes : cela se présente notamment

quand la ligne perturbatrice est une ligne de traction monophasée, à tension élevée ; même en équipant la ligne de traction avec certains dispositifs propres à atténuer les troubles (fil de contre-tension pour combattre l'influence électrique, transformateurs-suceurs pour combattre l'induction magnétique), il peut arriver que le circuit téléphonique soit encore perturbé d'une manière inadmissible.

Le but de la présente étude est de décrire un dispositif antiparasite qui, placé à l'une et l'autre des deux extrémités du tronçon perturbé d'un circuit téléphonique, réduit, dans une large mesure, les bruits induits développés sur ce circuit par une ligne électrique industrielle voisine du dit circuit le long du tronçon perturbé.

II. Principe.

1. On place à chacune des deux extrémités du tronçon perturbé du circuit téléphonique un dispositif antiparasite qui amplifie (de 2 népers, par exemple) les courants entrant dans le tronçon perturbé, et qui affaiblit au contraire (d'un nombre égal de népers, 2 népers par exemple) les courants sortant du tronçon perturbé.

Grâce à l'ensemble des deux dispositifs antiparasites, l'équivalent du circuit téléphonique n'est pas changé pour les courants de conversation ; mais le niveau relatif des bruits induits dans le tronçon perturbé, comparé au niveau des courants de conversation, est diminué (de 2 népers dans l'exemple choisi) pour des observateurs placés aux deux bouts d'une liaison téléphonique empruntant le tronçon perturbé.

Les dispositifs antiparasites utilisés sont des sortes de répéteurs pour circuits téléphoniques à deux fils dans lesquels une des voies de transmission comporte une ligne d'affaiblissement à la place de l'amplificateur qui s'y trouverait normalement placé dans un répéteur ordinaire. La figure 1 donne le schéma du montage des deux dispositifs antiparasites placés aux deux extrémités du tronçon perturbé *TP* du circuit téléphonique. Chacun des deux dispositifs antiparasites est constitué par deux termineurs *T*,

deux équilibreurs E, un amplificateur A et une ligne d'affaiblissement L.

Si l'on désigne par :

a le gain composite de l'amplificateur A ;

g le gain composite du dispositif antiparasite complet (termineurs y compris) pour des courants entrant dans le tronçon perturbé ;

b l'affaiblissement composite de la ligne d'affaiblissement L ;

h l'affaiblissement composite du dispositif antiparasite complet (termineurs y compris) pour des courants sortant du tronçon

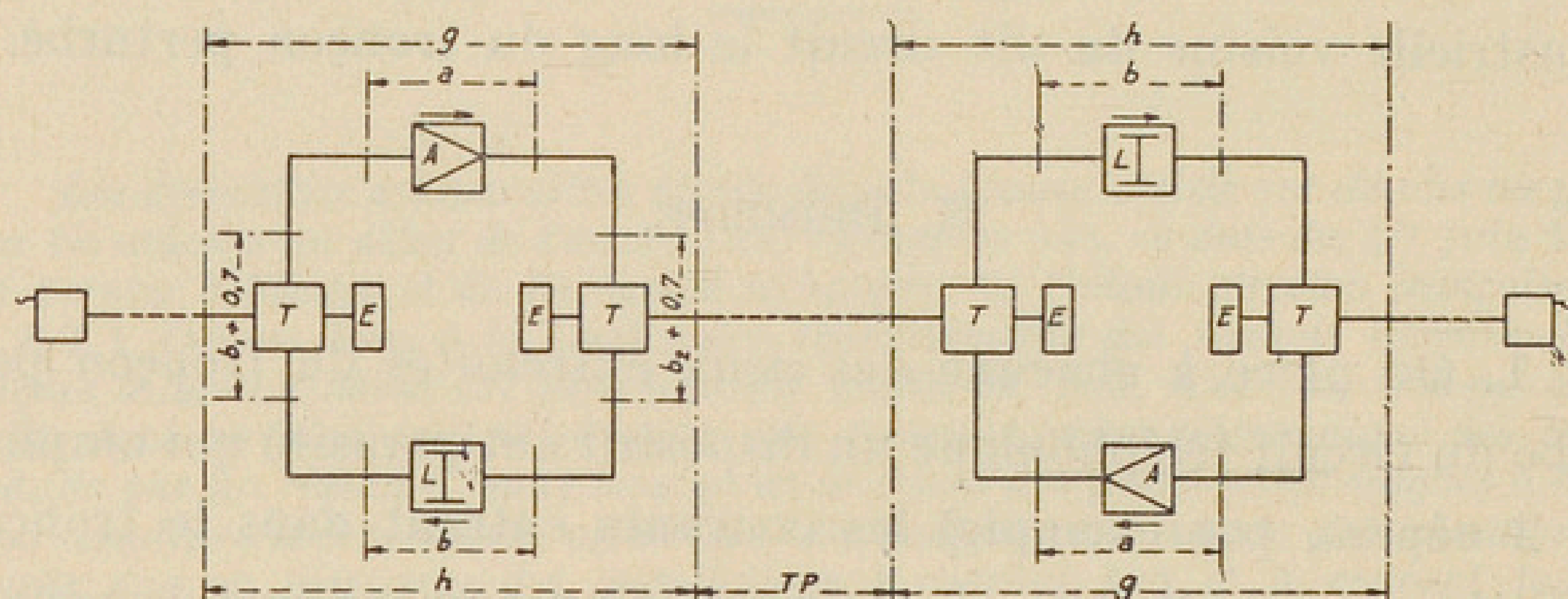


Fig. 1.

perturbé ; on peut écrire, en supposant les termineurs parfaits et les équilibreurs exacts :

$$g = a - \mathrm{Log}_e\, 2 \text{ (en népers)},$$
$$h = b + \mathrm{Log}_e\, 2 \text{ (en népers)}.$$

(Les affaiblissements et les gains composites dont il est question ici sont les affaiblissements et les gains composites mesurés sur les impédances qui correspondent aux conditions réelles d'utilisation).

Pour que l'équivalent d'une liaison téléphonique empruntant le tronçon perturbé demeure inchangé, il faut que l'on ait :

$$g = h$$

c'est-à-dire :

$$a = b + 2\,\mathrm{Log}_e\, 2 = b + 1{,}4 \text{ (en népers)}. \qquad (1)$$

Si l'on veut, par exemple, que le niveau relatif des bruits soit diminué de 2 népers, on doit choisir :

$$g = h = 2 \quad \text{(népers)}$$
$$b = 1{,}3 \quad \text{(népers)}$$
$$a = 2{,}7 \quad \text{(népers).}$$

2. Stabilité. — La condition de stabilité de chacun des deux dispositifs antiparasites s'écrit, en désignant par b_1 et b_2 les affaiblissements d'équilibrage correspondant à chacun des termineurs :

$$a < b + b_1 + 0{,}7 + b_2 + 0{,}7 \text{ (en népers)} \qquad (2)$$

Cette condition exprime que, dans le circuit où des oscillations sont susceptibles de s'entretenir, le gain a de l'amplificateur A est inférieur à la somme de l'affaiblissement b de la ligne d'affaiblissement L et des affaiblissements $b_1 + 0{,}7$ et $b_2 + 0{,}7$ mesurés entre les bornes opposées de chacun des termineurs. L'inégalité (2) peut s'écrire, en tenant compte de l'équation (1) :

$$b_1 + b_2 > 0$$

La condition théorique de stabilité des deux dispositifs antiparasites est donc automatiquement satisfaite, quelle que soit l'imperfection des équilibrages.

3. Diaphonie. — Les deux dispositifs antiparasites placés sur un circuit téléphonique aux deux extrémités du tronçon perturbé élèvent (de $g = 2$ népers par exemple) le niveau absolu des courants de conversation dans ce tronçon. Si tous les circuits téléphoniques de la nappe sont munis de dispositifs identiques, l'élévation du niveau absolu des courants de conversation dans le tronçon perturbé n'a pas de répercussion sur la diaphonie entre les différents circuits téléphoniques de la nappe puisque les différences entre les niveaux des différents circuits restent les mêmes que si les dispositifs n'existaient pas.

Il n'en est pas ainsi dans le cas où tous les circuits téléphoniques de la nappe ne sont pas munis de dispositifs de protection contre

les bruits. Si L_1 désigne (fig. 2) un circuit téléphonique de la nappe, muni de dispositifs de protection contre les bruits, et L_2 un deuxième circuit de la nappe, non muni de dispositifs de protection, tout se passe comme si l'affaiblissement diaphonique mesuré entre les bornes (A_1 ou A'_1) du circuit perturbateur L_1 et les bornes (A_2 ou A'_2) du circuit perturbé L_2 était diminué (par la présence sur L_1 des dispositifs antiparasites) de g népers (2 népers par exemple). Il faut donc, pour que la diaphonie entre le circuit L_1 et le circuit L_2 ne devienne pas gênante, que l'anti-induction entre L_1 et L_2 soit particulièrement soignée, dans le tronçon perturbé. Le trouble que créent d'ailleurs sur le circuit L_2 les courants de diaphonie induits

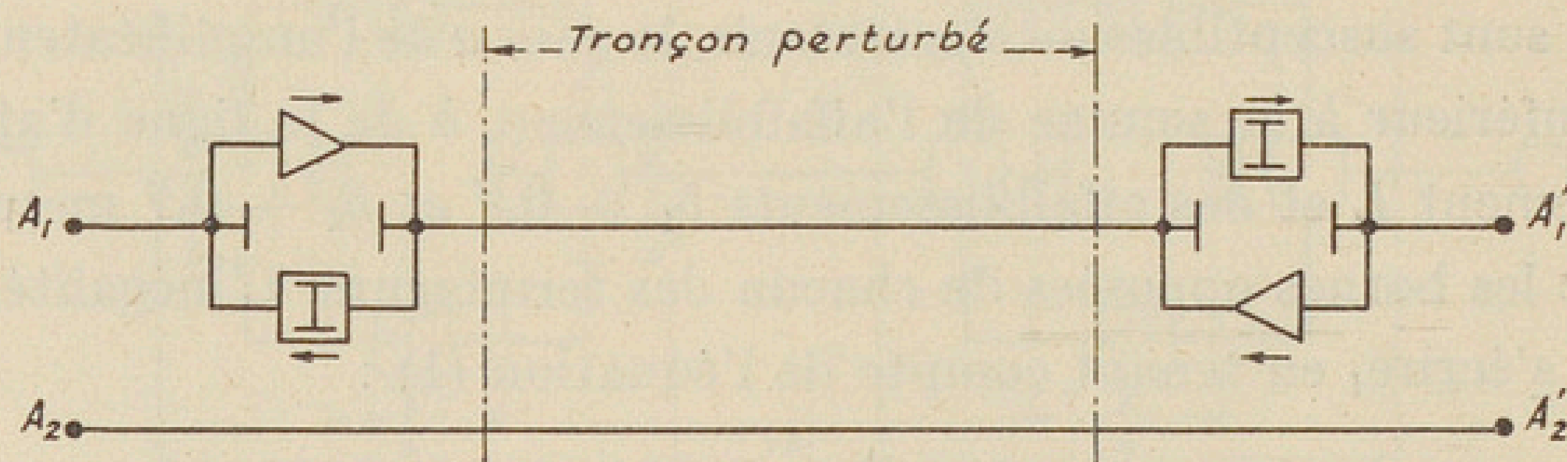


Fig. 2.

par le circuit L_1 est généralement beaucoup moins important que le trouble que crée sur ce circuit L_2 la ligne industrielle perturbatrice ; puisque, par hypothèse, le circuit L_2 n'est pas muni de dispositif de protection contre les bruits, c'est que les bruits d'origine industrielle dont ce circuit est le siège ont paru tolérables, eu égard au type de communications (communications à courte distance, par exemple) acheminées par ce circuit L_2 : mais, dans ces conditions, la qualité de la conversation sur le circuit L_2 n'est généralement pas aggravée d'une manière sensible par une légère diaphonie supplémentaire du circuit L_1 sur le circuit L_2.

Le moyen le plus simple et le plus logique d'éviter tout risque de diaphonie entre les circuits téléphoniques de la nappe perturbée consiste d'ailleurs évidemment à munir tous ces circuits de dispositifs antiparasites.

III. Mode de réalisation.

Les organes d'un dispositif antiparasite sont enfermés dans trois caissons métalliques ayant les dimensions suivantes :

$$150 \times 150 \times 400 \text{ mm.}$$

1. **Caisson d'alimentation** (fig. 3). — Les courants et tensions d'alimentation sont empruntés au secteur alternatif d'éclairage. Le transformateur T fournit sous 4 volts le courant alternatif du chauffage de la lampe du dispositif antiparasite ; il alimente également la valve V qui fournit la tension de plaque. Une lampe de

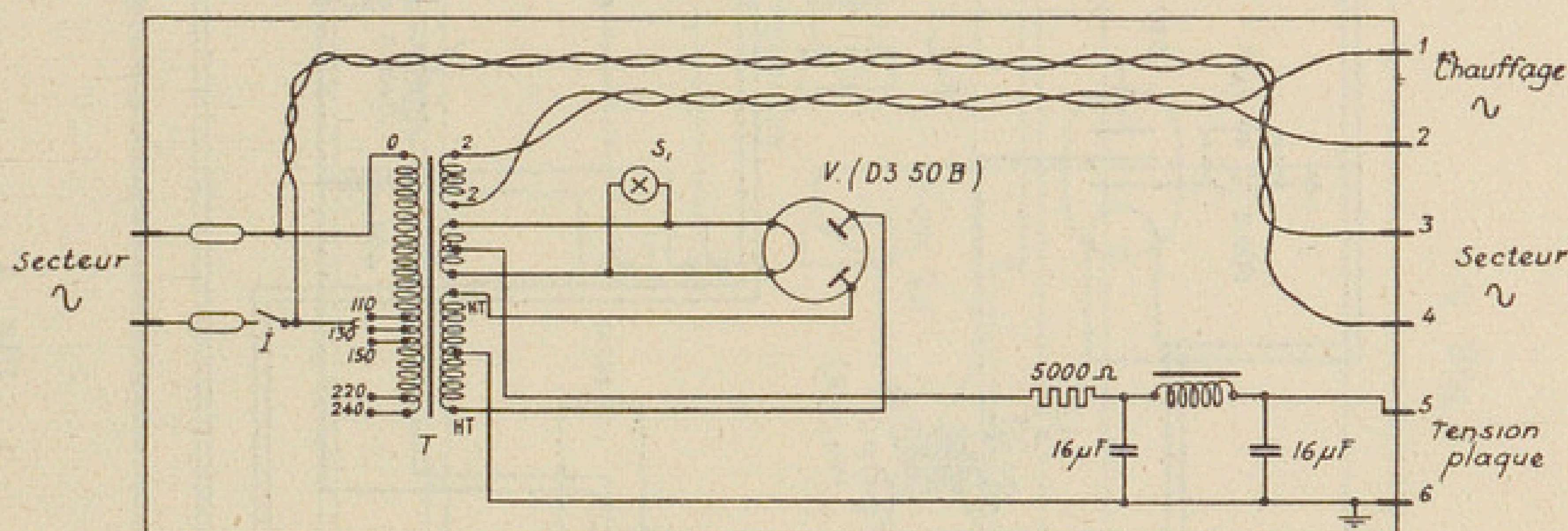


Fig. 3.

signalisation S_1 s'allume lorsque l'interrupteur I est fermé et lorsque le caisson d'alimentation est en ordre de marche.

2. **Caisson du dispositif antiparasite** (fig. 4). — Le caisson est muni d'une clé C qui permet à volonté de mettre le dispositif antiparasite en circuit ou hors circuit.

Les équilibreurs associés aux deux termineurs $TB1$ et $TB2$ sont deux résistances de 800 ohms : on a vu plus haut (Titre II, sous 2) qu'il n'y a pas lieu de soigner, d'une manière particulière, l'équilibrage des circuits.

La lampe DW-1003 entrant dans la constitution du dispositif antiparasite est une lampe à chauffage indirect ; la cathode est reliée à la masse à travers une résistance de 600 ohms ; grâce à cette résistance (traversée par le courant d'anode) la grille (mise directe-

Clé C
Travail { dispositif antiparasite en circuit
Repos { circuits reliés directement.
Circuit
Côté non perturbé
Côté perturbé
Signaleur
Côté non perturbé
Côté perturbé
1
2
3
4
5
6
7
8
S2
600 Ω
2 μF
DW 1003
T4 (1/3)
(P) (G)
(+B) (-C)
Ph1 (1/6)
P
10 000 Ω
2μF
(12/1/1/1/1/2) TB2
800 Ω
TB1 (4/1/1/1/1/2)
400 Ω
5000 Ω
Surveillance

Fig. 4

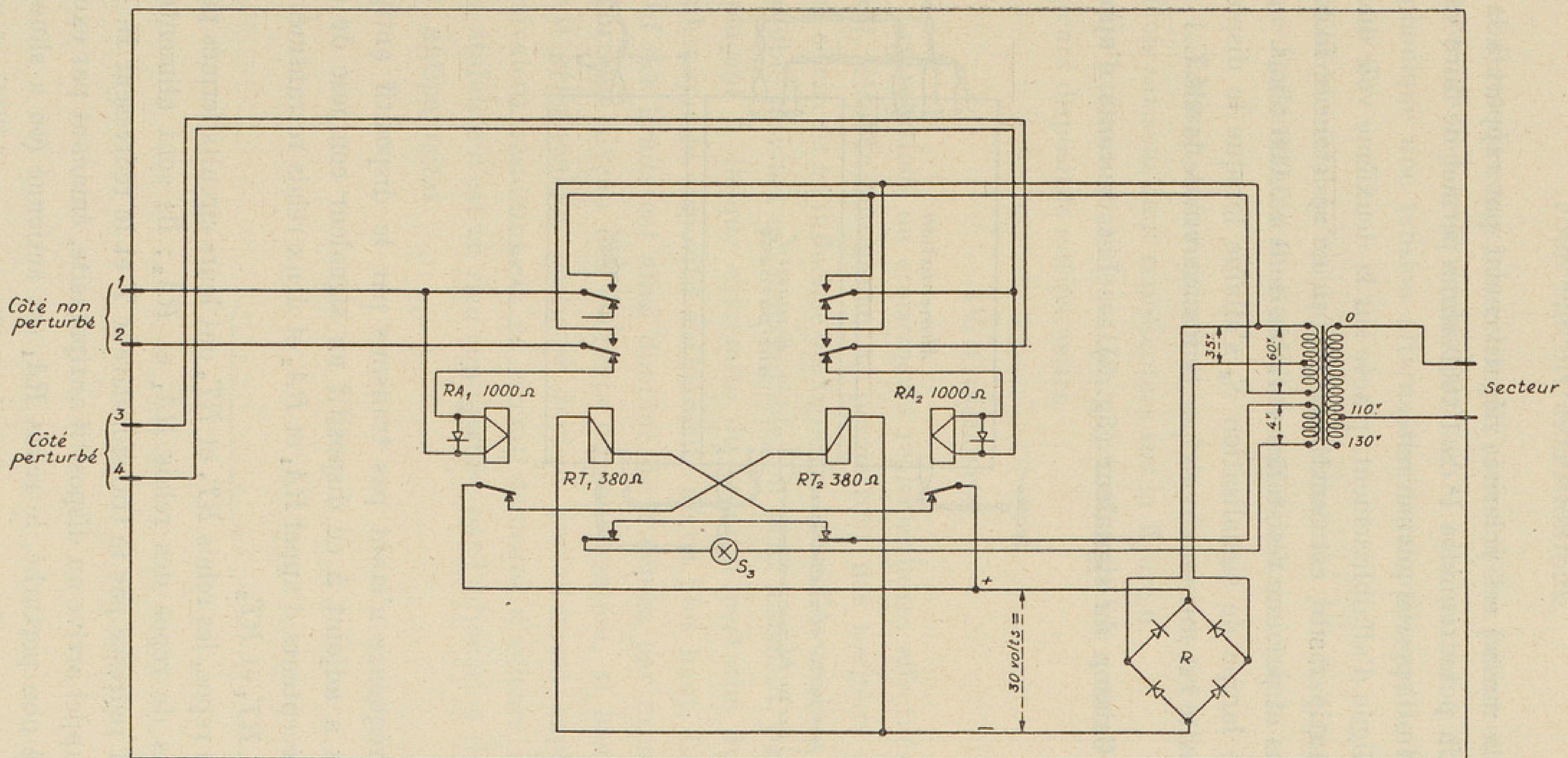

Côté non perturbé
1
2
Côté perturbé
3
4
RA₁ 1000 Ω
RA₂ 1000 Ω
RT₁ 380 Ω
RT₂ 380 Ω
S₃
+
–
30 volts =
R
35 v
60 v
4 v
0
110 v
130 v
Secteur

Fig. 5.

ment à la masse) est polarisée négativement par rapport à la cathode. Un potentiomètre P de 10.000 ohms permet de faire varier le gain du dispositif antiparasite.

La ligne d'affaiblissement, placée sur la deuxième voie du dispositif antiparasite, est constituée par deux résistances fixes de 400 ohms et par une résistance variable de 0 à 5.000 ohms.

Une lampe de signalisation S_2 s'allume lorsque le dispositif antiparasite est mis en circuit par la manœuvre de la clé C.

3. Caisson du signaleur (fig. 5). — Les courants d'appel à

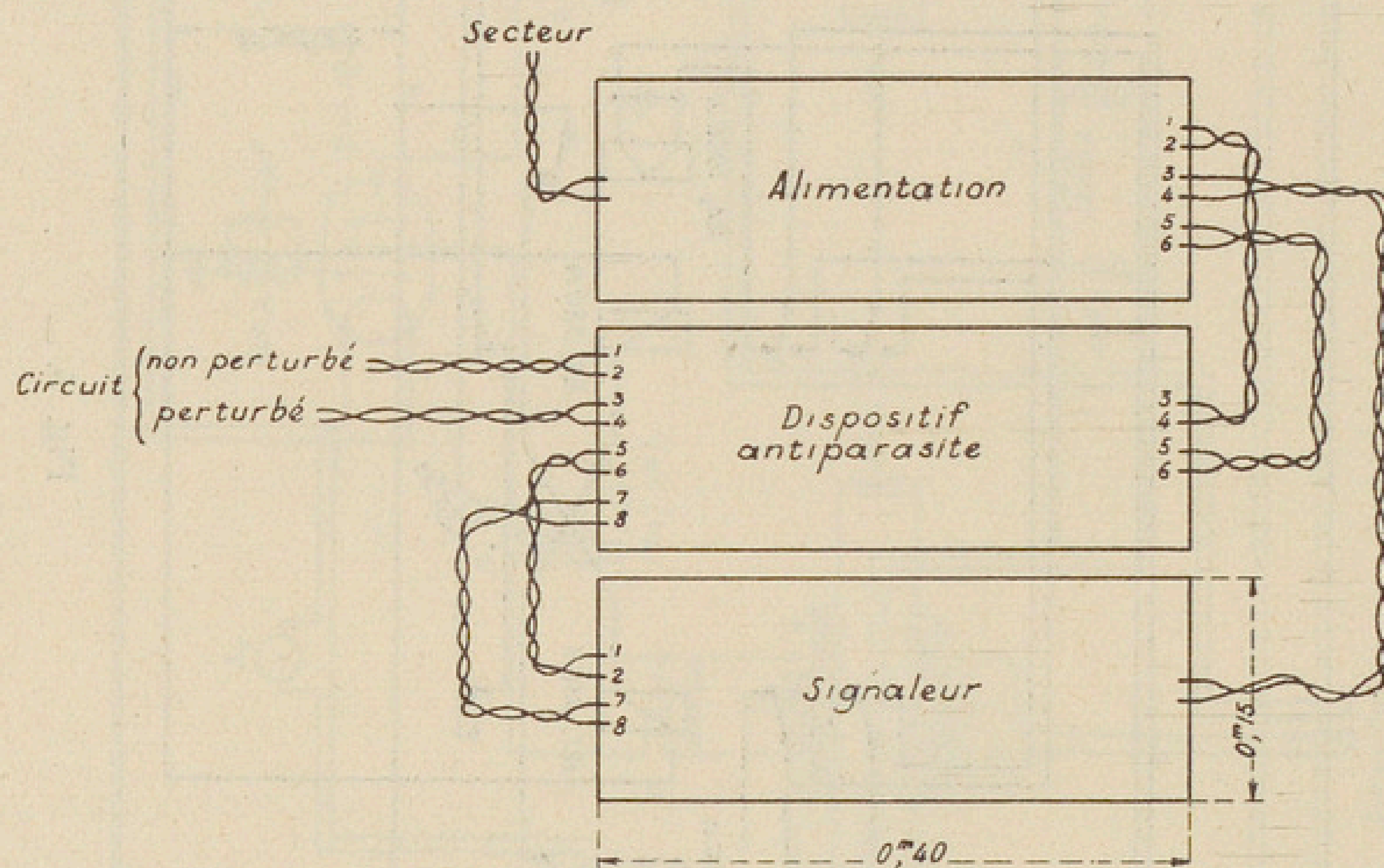


Fig. 6.

basse fréquence n'étant pas transmis par le dispositif antiparasite, on a adjoint à ce dispositif un signaleur composé de deux relais récepteurs d'appel RA_1 et RA_2 et deux relais retransmetteurs d'appel RT_1 et RT_2.

Au repos, les relais RT_1 et RT_2 ont leurs circuits fermés par les contacts de repos des relais RA_1 et RA_2 ; ils sont alimentés en courant redressé par le transformateur T et le redresseur R. Lorsqu'un appel arrive au dispositif antiparasite, émanant par exemple du côté non perturbé, le relais RA_1 est actionné (on a shunté ce relais par un redresseur, afin d'accroître sa sensibilité) et rompt

son contact de repos ; le relais RT_2 cesse d'être attiré et, par ses contacts de repos, il retransmet sur le côté perturbé du circuit téléphonique une tension alternative développée par le transformateur T.

Chaque fois qu'un appel est retransmis par le signaleur, la lampe S_3 (alimentée en alternatif sous 4 volts) s'éteint.

4. Liaison entre caissons. — Les connexions à réaliser entre les trois caissons sont représentées sur la figure 6.

Un caisson d'alimentation peut être utilisé pour alimenter plusieurs dispositifs antiparasites.

IV. Conclusion.

Les rotations ou croisements réglementaires effectués sur un circuit téléphonique aérien ne permettent pas toujours de soustraire ce circuit à l'influence des lignes industrielles voisines : lorsque le trouble résiduel est inacceptable, on peut aisément y remédier en plaçant à chaque extrémité du tronçon perturbé du circuit téléphonique le dispositif antiparasite décrit plus haut. Le niveau relatif des bruits est ainsi diminué de 2 népers par exemple par rapport au niveau des courants de conversation, si bien que le circuit téléphonique perturbé devient parfaitement exploitable ; l'équivalent résultant de ce circuit demeure d'ailleurs inchangé et sa stabilité n'est en rien compromise par l'adjonction des dispositifs antiparasites.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Réalisation des oscillateurs pour ondes très courtes (Extrait de la *Revue générale des industries radioélectriques*, n° 13, juillet 1935).

Les travaux connus de Barkhausen à l'étranger, de Pierret et Gutton en France, ont déjà abouti à la réalisation d'oscillateurs permettant d'obtenir des longueurs d'ondes inférieures à 50 cm. La technique de la fabrication des lampes d'émission s'est heurtée à des difficultés multiples, et il nous a semblé intéressant d'indiquer ici, très sommairement, les résultats les plus récents obtenus aux Etats-Unis d'après l'exposé qu'en ont fait MM. C.-E. Fay et A.-L. Samuel, de la Bell Telephone, dans *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* (numéro de mars 1935).

L'auteur analyse, dans cette étude, les causes de l'impossibilité pour une lampe à vide ordinaire d'osciller en dehors de limites critiques de fréquences. Le calcul montre que la période des oscillations requises est de l'ordre du temps que les électrons mettent à traverser l'espace compris entre la cathode et l'anode, et on est également limité par la réduction progressive de l'oscillation avec l'accroissement de la fréquence.

Il décrit une lampe de faible puissance pour la gamme de fréquence de 50 à 300 mégacycles (soit de 6 m à 1 m). C'est la triode n° 304 A de la Western Electric, dont les particularités sont les suivantes :

1. Espaces limités entre éléments, en particulier entre grille et filament, pour obtenir une grande pente et la réduction de l'espace parcouru par les électrons ;

2. Mode de support de la grille et de la plaque par conducteurs individuels courts et massifs pour en diminuer l'inductance et la

résistance et obtenir une valeur minimum de capacité résiduelle entre électrodes ;

3. Absence totale de supports auxiliaires soit en métal, soit en matière isolante, avec les pertes qui en résultent ;

4. Emploi de verre très dur ;

5. Emploi de graphite comme matière constituant l'anode, de façon à permettre une grande dissipation d'énergie pour une électrode relativement petite ;

6. Le filament est en tungstène, avec incorporation de thorium.

Les caractéristiques de la triode 304 A sont les suivantes :

Tension de filament : 7,5 volts.

Courant de filament : 3,25 ampères.

Pour une tension de plaque de 1.000 volts et un courant de plaque de 0,05 A :

Coefficient d'amplification : 11.

Conductibilité mutuelle : 2.300 microhms.

Résistance de plaque : 4.800 ohms.

Capacités entre électrodes :

De plaque à grille : 2,5 micromicrofarads.

De grille à cathode : 2 micromicrofarads.

De plaque à cathode : 0,67 micromicrofarads.

Fonctionnement en oscillatrice ou en amplificatrice :

Maximum de tension appliqué effectivement à la plaque : 1.250 volts.

Maximum de courant appliqué effectivement à la plaque : 0,10 ampère.

Dissipation maximum permanente de la plaque : 50 watts.

En s'écartant des principes de la construction usuelle, il est possible d'étudier au delà de 300 mégacycles le champ d'action des oscillatrices à grille négative ; on décrit une lampe donnant 6 watts à 500 mégacycles avec un rendement de 19 %. En poussant davantage l'étude, on a obtenu, en améliorant encore les conditions, une puissance appréciable à 1.000 mégacycles.

La figure reproduite ici donne les courbes de rendement et de puissance pour deux lampes en montage équilibré (push-pull) : elles sont caractéristiques de la manière de se comporter des lampes à tension de grille négative au voisinage de la limite de fréquence, cette fréquence limite dépendant naturellement des différents types. On constate en particulier : à 100 mégacycles (3 mètres), la puissance

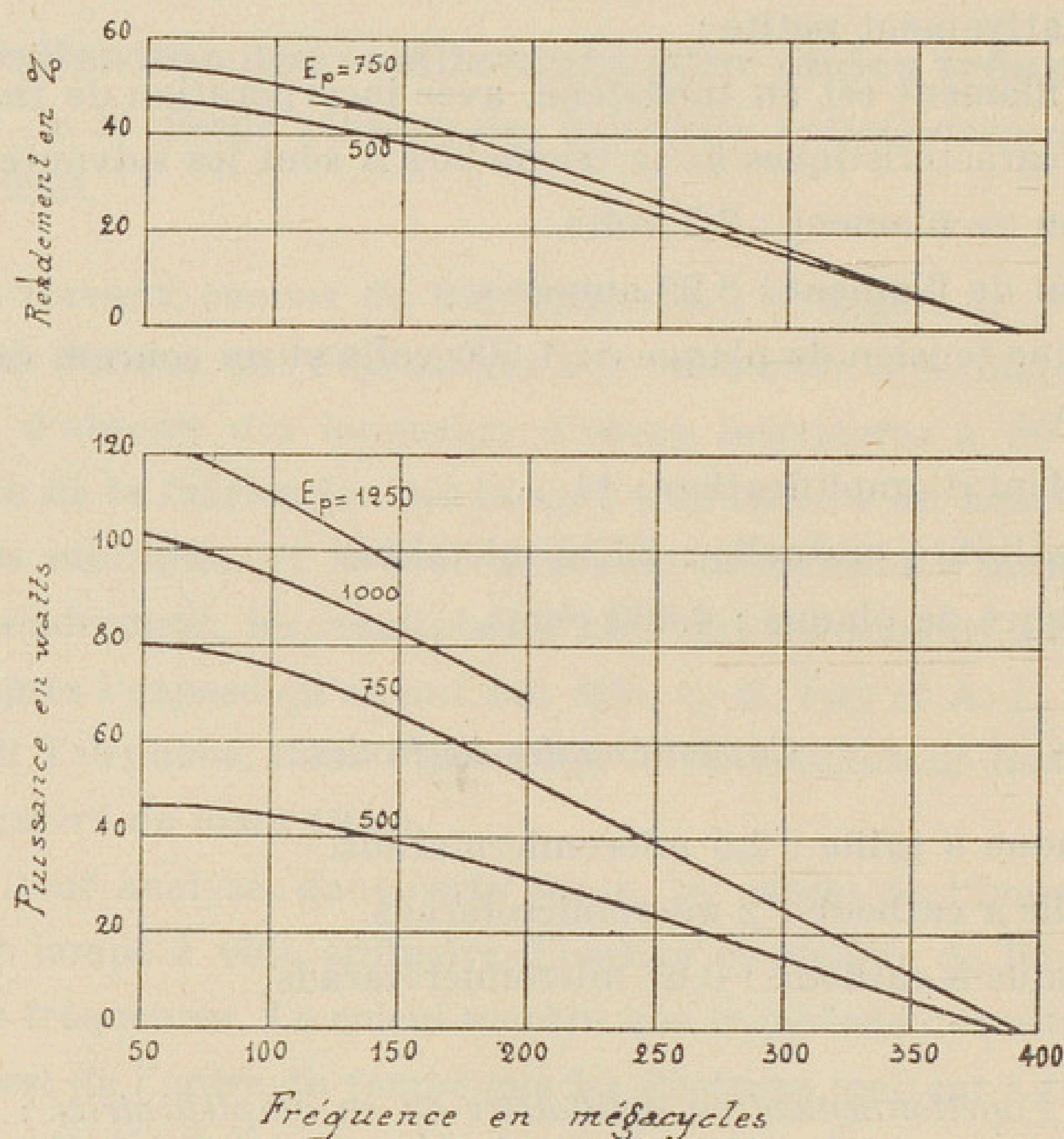


Fig. 1. — Puissance et rendement de deux lampes oscillatrices n° 304 A en montage équilibré.

est de 55 watts par lampe et le rendement de 50 % ; à 200 mégacycles (1,5 m), on tombe à 34 watts et 35 % de rendement ; à 300 mégacycles (1 m), on trouve 12 watts et 17 %. La limite de fréquence pour 750 volts à l'anode est de 400 mégacycles (0,75 m).

Pour les fréquences plus élevées, on opère autrement. Barkhausen, en 1920, a découvert que, dans certaines lampes, des oscillations de longueur d'onde de l'ordre du centimètre sont produites quand la grille est maintenue à un potentiel positif élevé et la plaque au

potentiel de la cathode ou à un potentiel voisin, ce qui est l'inverse du mode usuel d'alimentation.

Les fréquences obtenues dépendent de l'espace entre électrodes et du niveau des potentiels. D'autres moyens sont employés : grilles en forme d'hélices à pas allongé, grilles en spirales qui contrastent avec la forme usuelle où la grille a une impédance relativement faible d'une extrémité à l'autre.

Pour les fréquences voisines de 600 mégacycles, les meilleurs rendements et les plus grandes puissances sont obtenus avec des lampes comportant des grilles en cages d'écureuil à fils rectilignes (en fils de tungstène longitudinaux attachés à des colliers de refroidissement à chaque extrémité et permettant de dissiper 150 watts sans dommage). Un tel dispositif est adopté nécessairement en raison du rendement relativement faible d'une telle oscillatrice. Etant donné que la tension de grille doit être augmentée pour accroître la fréquence et que le courant de grille doit être également poussé pour se maintenir dans les meilleures conditions de rendement, il existe, pour chaque lampe de ce type, une fréquence limite déterminée par les possibilités de dissipation de la grille. Ce modèle à grille en forme de cage donne un meilleur rendement qu'avec tout autre type de grille pour cette gamme d'oscillations. Le filament est constitué par un fil de tungstène pur.

L'étude de MM. Fay et Samuel porte, ensuite, sur les variations de puissances et de rendements des différents types d'oscillatrices en fonction des variations de la tension de grille, puis du courant de grille, tous autres facteurs restant invariables.

Pour les fréquences supérieures à 600 mégacycles (longueurs d'onde inférieures à 50 cm), les conditions de puissance requises pour le fonctionnement des lampes de ce type excèdent les limites acceptables pour la structure de la grille.

Les types de lampes à grille spirale permettront de produire des oscillations à des longueurs d'onde plus courtes que celles que l'on peut prévoir par les seules considérations du temps nécessaire au chemi nement des électrons, et bien que leur rendement soit très inférieur à celui que l'on peut obtenir avec les autres tubes de Barkhausen, elles permettront d'obtenir plus d'efficacité aux longueurs d'onde

notablement inférieures à 50 cm. Ces modèles ont permis d'obtenir des puissances de quelques dizaines de watts à 12 centimètres et jusqu'à 1,5 watt à 24 cm et plusieurs watts à 60 cm.

Les lampes à grille spirale de Barkhausen sont constituées comme une lampe ordinaire cylindrique à trois éléments, à l'exception du type de grille, qui est réalisé sous la forme d'une hélice dont les deux extrémités peuvent être sorties de l'enveloppe.

En faisant varier les différents rapports existant entre les éléments de la lampe, tels que le rapport entre les diamètres de plaque et de grille, le rapport entre la hauteur et la longueur de la grille, etc., l'auteur conclut que les valeurs optima des rapports mentionnés ci-dessus sont indépendantes de la longueur d'onde pour laquelle la lampe est plus spécialement prévue. Il conclut également qu'il existe un maximum de puissance pour chaque longueur d'onde et pour chaque lampe d'un type désigné : cette puissance est proportionnelle au carré de la longueur d'onde optimum pour laquelle la lampe est prévue. Les rendements sont peu élevés, ils sont de l'ordre de 0,5 à 1 %.

Les lampes à grilles négatives, comparées aux autres types d'oscillatrices, donnent toujours les meilleurs résultats, tant au point de vue de la puissance que du rendement. Les plus récentes recherches ont permis d'obtenir 2 watts à 30 cm, ce qui représente probablement la limite des possibilités pour ce genre d'oscillatrices.

Réalisation d'étincelles électriques très courtes. — *M. le Commandant Libessart a publié dans* Recherches et Inventions (*mai* 1935) *un article sur l'*Utilisation de l'étincelle électrique en balistique et en aérodynamique *dont nous extrayons un passage.*

En vue de photographier des projectiles le long de leur trajectoire et les mouvements de l'air sur leur passage, il fallait réaliser une étincelle qui fut à la fois : brève pour éviter le flou, ponctuelle pour éviter la pénombre et pouvoir photographier les mouvements de l'air par variation de l'indice de réfraction, très lumineuse pour impressionner la plaque photographique.

Le dispositif expérimental réalisé de la manière qui va être décrite a permis au Commandant Libessart de prendre un grand nombre de

clichés remarquables de projectiles et des tourbillons d'air qu'ils créent sur leur passage. Les applications de la méthode sont extrêmement nombreuses et l'auteur signale particulièrement l'étude du carénage des divers véhicules et celles des tourbillons formés par les gaz brûlés à la sortie d'un moteur à explosion.

Réalisation du dispositif expérimental. — Le dispositif ci-après (fig. 1) nous a permis d'obtenir des durées d'éclairement extrêmement brèves.

L'étincelle du secondaire jaillit entre pointes et sert d'interrup-

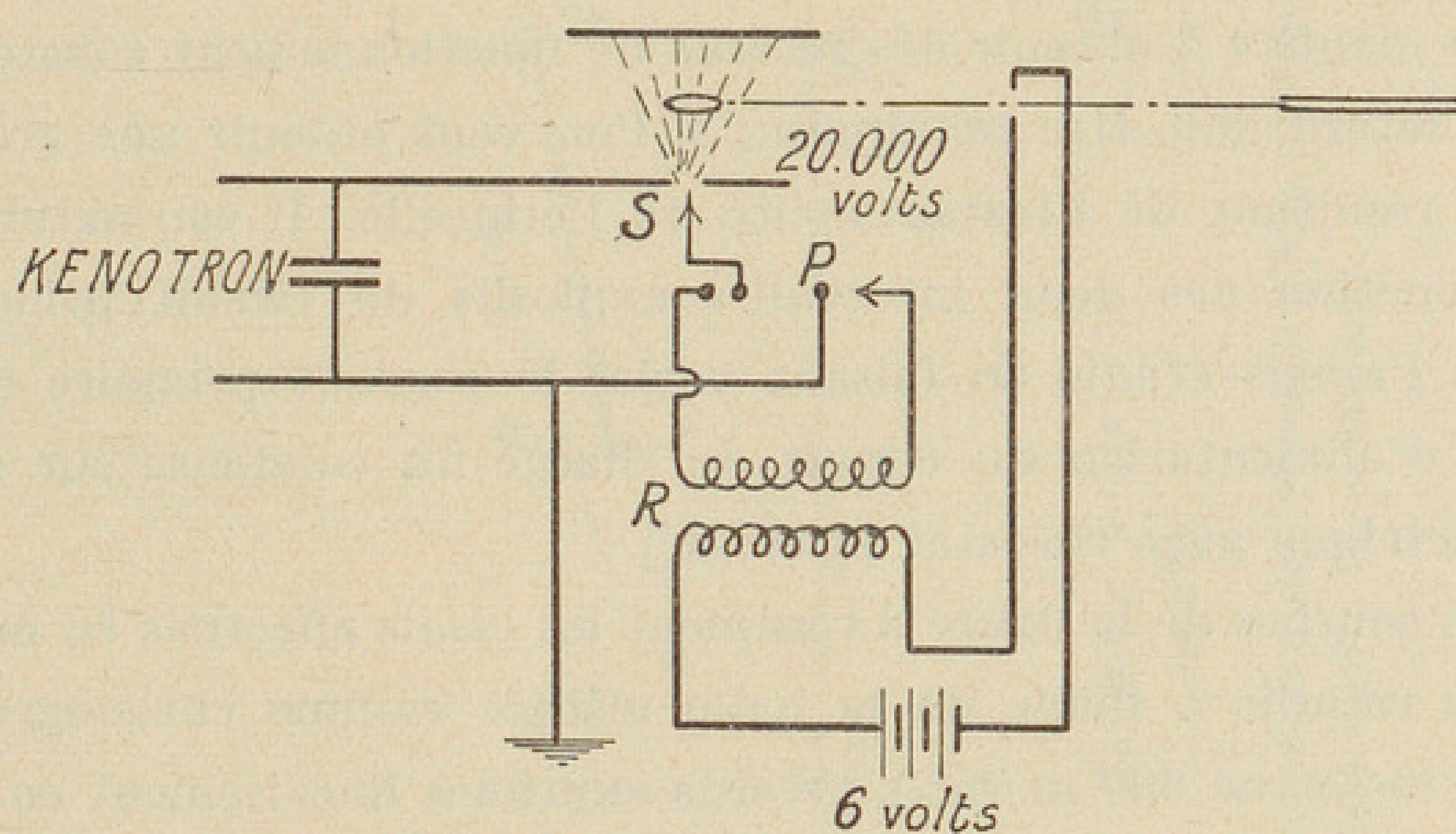


Fig. 1.
S, source lumineuse, étincelle principale;
P, dispositif pilote ;
R, bobine de Ruhmkorff.

teur très rapide dans le circuit de l'étincelle principale qui passe entre les boucles.

Un condensateur à diélectrique en verre (isolement 70.000 V, capacité 0,04 μF) est chargé par un kénotron à la tension de 20.000 V.

La décharge de ce condensateur est commandée par une étincelle pilote produite par le secondaire d'une bobine Ruhmkorff de 50 cm d'étincelle. Le circuit primaire est alimenté par un accumulateur 6 V et un rhéostat permet de faire varier le courant rompu par le passage de la balle qui assure le fonctionnement de l'étincelle. A la rupture du circuit primaire, le condensateur shunt se décharge brusquement, l'énergie libérée fait jaillir l'étincelle du secondaire

avec un certain retard qui sera étudié au paragraphe suivant. La résistance du circuit de décharge du condensateur principal s'abaisse alors jusqu'à permettre le passage de l'étincelle éclairante.

Lorsque le réglage est fait au minimum d'excitation, au-dessous duquel le déclenchement ne se produit plus, il est probable que l'excitation par choc ainsi réalisée ne permet que le passage d'une seule oscillation. Néanmoins, on peut observer pour des valeurs du réglage à peine différentes, des décharges oscillantes faiblement amorties.

Réglage du dispositif. — Destiné à enregistrer des phénomènes très brefs, le réglage de l'appareil doit se faire avec une grande précision, de manière à obtenir des retards de fonctionnement constants.

Ce retard doit être maximum, si l'on veut obtenir une grande netteté résultant de l'instantanéité de l'étincelle. Il est naturellement fonction des deux intervalles explosifs du circuit principal et nous l'avons étudié en faisant varier le courant primaire et la tension d'alimentation du circuit de charge du condensateur (secteur électrique avec rhéostat intercalé).

Les courbes de la figure 2 résument les essais effectués en mesurant les retards à l'aide de la balle utilisée comme chronographe (vitesse moyenne 680 m/sec.), retards exprimés linéairement en cm.

Le retard de déclenchement est également fonction de la forme des électrodes qui conditionnent le champ électrique.

Constitution de l'étincelle ponctuelle. — Pour l'étude des milieux transparents, on a utilisé une étincelle ponctuelle, et la netteté de l'enregistrement dépend de la petitesse de la source.

Le docteur Quayle (*Mémorial de l'Artillerie Française*, 3e fascicule, 1928) avait constitué l'éclateur par un dispositif en bakélite amovible et deux fils d'aluminium (fig. 3).

Notre dispositif (fig. 4) est plus simple et permet d'assurer un très grand nombre d'essais sans modifier le réglage de l'appareil.

Une vis en laiton appointie à son extrémité est placée devant une plaque en laiton percée d'un tout petit trou (1/2 mm au maximum). Une lame de bakélite percée aux mêmes dimensions et placée contre la plaque de laiton assure un guidage suffisant de l'étincelle qui

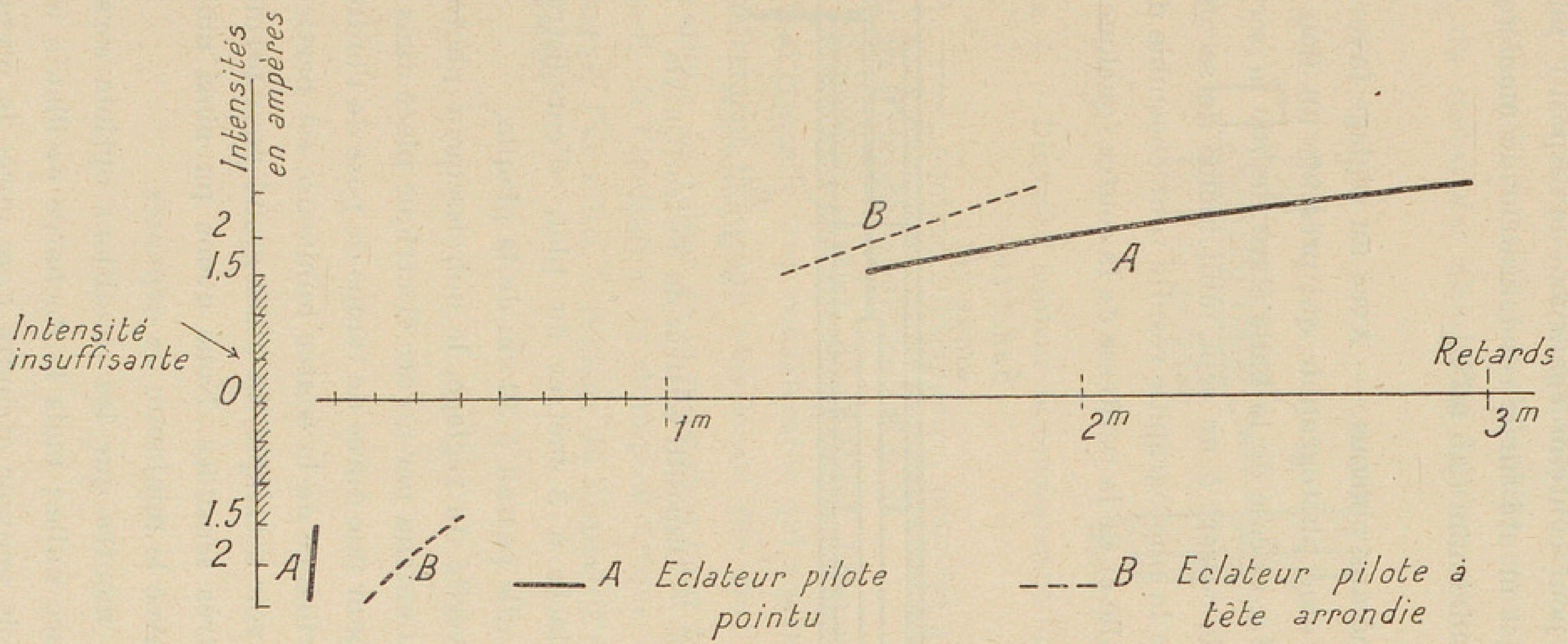


Fig. 2. — Retards de fonctionnement de l'étincelle pilote exprimés en mètres.
(Balle de fusil ; V_0 = 680 m:s).

apparaît sous forme d'un petit dard lumineux sortant par l'orifice.

L'ensemble du dispositif est enfermé dans une boîte étanche à la lumière, qui peut contenir également le dispositif pilote.

L'ensemble est monté sur le condensateur de manière à réaliser la self induction minimum (0,5 mH).

Résultats généraux obtenus. — Avec un réglage favorable, nous avons pu réaliser une photographie qui présente un flou de l'ordre de 1 /10 de mm. La vitesse de la balle étant de 700 m /sec., la durée d'éclairement utile ressort à un sept millionième de seconde.

La netteté de la photographie résulte tout ensemble de l'instantanéité de l'étincelle et de la petitesse de la source (quelques dixièmes

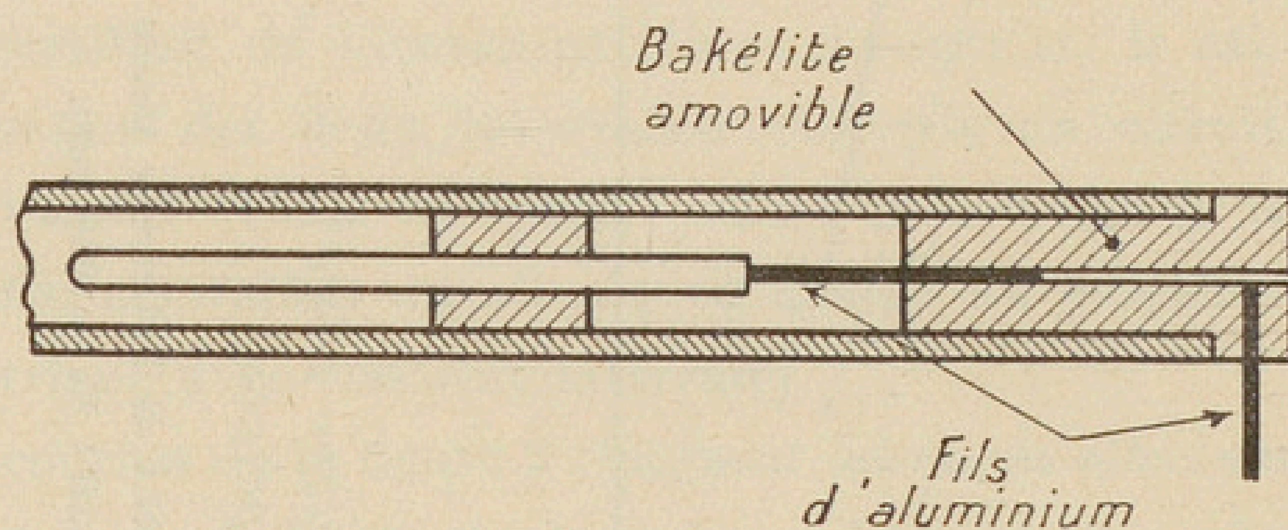


Fig. 3. — Dispositif éclateur du docteur Quayle

de millimètre) placée à 3 mètres du plan d'enregistrement. La trajectoire de la balle passait à 30 cm de la plaque.

Malgré la sévérité du réglage, le noircissement photographique correspond à celui obtenu par un arc électrique placé dans des conditions voisines et pour une durée de temps de pose de l'ordre de 1 /100 de seconde. La brillance de la source lumineuse est particulièrement élevée et son pouvoir actinique est assez grand pour permettre l'emploi de papiers très sensibles. Nous avons pu ainsi multiplier les enregistrements avec le minimum de dépenses.

L'expérience montre que les conditions optima seraient réalisées sous résistance nulle ; mais la décharge oscillante n'étant pas amortie, il faudrait pouvoir éteindre l'arc après la première demi-oscillation.

Avec une résistance croissante, on peut se placer très rapide-

ment dans des conditions telles que la deuxième oscillation tombe au-dessous du seuil d'enregistrement, mais déjà le rendement est moindre (50 % électrique) et le sommet de la courbe s'est arrondi.

Aux phénomènes électriques s'ajoutent ceux produits par l'arrachement du métal des électrodes de l'arc avec volatilisation et

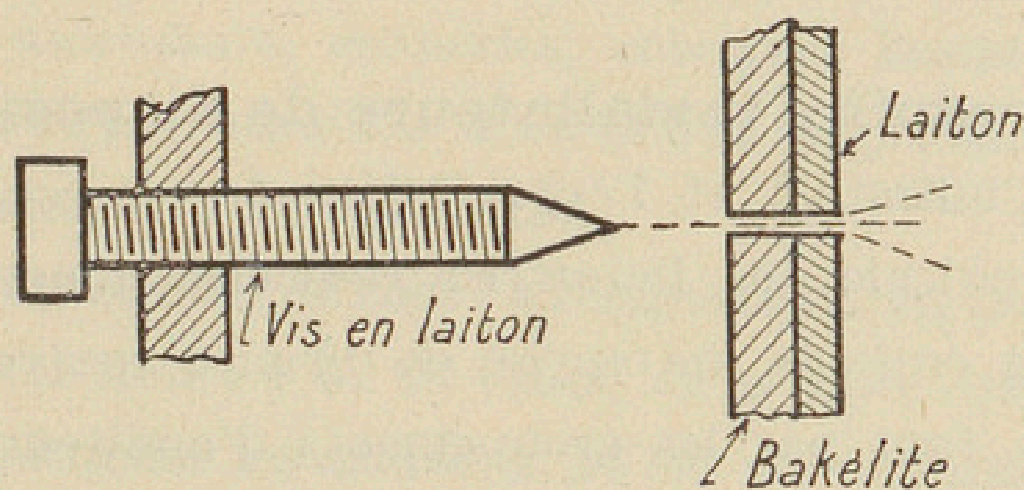


Fig. 4. — Dispositif éclateur du commandant Libessart.

combustion, avec, comme conséquence, pour les grandes puissances d'étincelle, un traînage supplémentaire.

Cette remarque permet d'expliquer l'impossibilité d'utiliser une énergie d'étincelle trop considérable qui engendre des traînages de l'enregistrement beaucoup plus longs que ceux calculés.

En pratique, la valeur de la résistance r est fonction de l'intervalle explosif, de l'ionisation du champ électrique, et de la fréquence de la décharge. Par suite, le réglage du dispositif doit être demandé à l'expérience.

INFORMATIONS.

Cours gratuit d'installateurs de dispositifs antiparasites. — L'initiative et l'organisation de ces cours sont dus à la Chambre syndicale des Industries radioélectriques. Ils aideront puissamment la croisade entreprise en France contre les parasites de la réception tant par les groupements d'auditeurs que par les Pouvoirs Publics.

On sait que, pour l'application de la réglementation en vigueur, l'Administration des P.T.T. a formé un service d'agents départementaux de contrôle, qui ont reçu une instruction spéciale. Or, dans l'état actuel, la plupart des électriciens et radioélectriciens ne possèdent pas les connaissances suffisantes pour pouvoir aider efficacement les agents de l'Administration dans leurs recherches et exécuter leurs prescriptions.

Il est évident que les électriciens ont tout avantage à savoir réduire les perturbations ; il en résultera pour eux, d'une part un accroissement de la confiance de la clientèle, d'autre part l'augmentation même de la vente des récepteurs de radiodiffusion, ainsi que de la vente des filtres et dispositifs antiperturbateurs.

Une première session de cours d'installateurs de dispositifs antiparasites s'est tenue à Paris du 11 juin au 11 juillet 1935, au Laboratoire central de l'Electricité. Elle comprenait cinq conférences, faites par M. Michel Adam, ingénieur E.S.E. et cinq séances de travaux pratiques, confiées à des techniciens spécialistes des constructions de dispositifs antiparasites.

Les conférences portaient essentiellement sur la définition et la mesure des parasites en décibels et népers, sur la législation et la réglementation en la matière, sur les modes de propagation des perturbations, sur leur recherche et la méthode générale pour leur suppression à la source, sur les caractéristiques du matériel à employer, sur le

règlement de l'Union des Syndicats de l'Électricité, sur la suppression des parasites à la réception et sur les antennes antiparasites, enfin sur les questions de garantie et de responsabilité de l'installation, ainsi que sur les principes d'éducation de l'auditeur et du perturbateur.

Les travaux pratiques comportaient la recherche et la mesure des perturbations, leur suppression à la source, le filtrage des moteurs et machines, ascenseurs, sonneries, enseignes lumineuses et toutes autres sources de perturbation, ainsi que la suppression à la réception et l'emploi d'antennes antiparasites.

La première session de cours a remporté un vif succès. Le nombre des inscrits a été limité à 67 en raison de la place disponible. Sur les 32 élèves qui ont passé les examens, 26 ont été diplômés, dont 13 avec de très bonnes notes.

On se propose d'organiser des cours analogues dans diverses régions de la France. L'enseignement est réservé au personnel des installateurs patentés. (*Génie civil*, t. CVII, n° 6).

BREVETS D'INVENTION.

Télégraphie.

785.100. Procédé permettant de transmettre des signaux par voie optique et dispositif destiné à la réception de signaux de ce genre (Sté N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

785.191. Dispositif perfectionné pour la transmission d'ordres ou d'indications (M. Émile Arquembourg, France, Seine).

785.675. Dispositif émetteur du nom pour téléimprimeurs. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

785.757. Dispositif de commande pour le réglage d'appareils de de télécommunication (Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

45.269. Traducteur imprimeur direct mécanique reproduisant en caractères ordinaires les messages télégraphiques (M. Robert, Emile, Marie Penot, France, Seine). — (1re addition au brevet N° 764.788).

45.341. Disposition de couplage pour installations télégraphiques à service par sélecteurs (Siemens et Halske, Aktiengesellschaft, Allemagne). — (1re addition au brevet N° 741.241).

Téléphonie.

784.512. Emetteur automatique d'appels téléphoniques (Sté d'Applications Nouvelles d'Electricité et de Mécanique, France, Seine).

784.541. Installation volante de transmission à distance avec câbles pupinisés, en particulier avec un petit nombre de conducteurs (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

784.725. Appareil téléphonique utilisable dans l'obscurité (M. Schlemenson Israël et MMes Kohan Nadia née Berman et Houssid Fanny née Schapiro, France, Seine).

784.771. Perfectionnements aux appareils téléphoniques (Sté Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

784.787. Numéroteur pour standard téléphonique (M. Jean, Marie, Alfred, Sellier, France, Seine).

784.850. Dispositif pour enregistrer chez l'abonné demandeur ou au central des réseaux de téléphone automatique des signaux donnés au moyen du cadran ou autres signalisateurs (M. Egon Zoller, Suisse).

784.983. Système de signalisation à haute fréquence (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine.)

785.044. Ecouteur téléphonique (M. Erich Hausdorf, Allemagne).

785.121. Interrupteur de microphone dans circuit d'appareil transmetteur téléphonique (M. Orceyre Antoine, France, Seine).

785.172. Système automatique d'envoi d'impulsions et de messages (M. André Salomon et Mme Lemaître née Angèle Mojon, France, Seine).

785.197. Perfectionnements aux dispositifs de téléphonie et télégraphie multiples sur courant porteur à fréquence unique (Invention William, Arthur Loth et Joseph, Armand Givelet) (Sté La Radio-Industrie, France, Seine).

785.240. Perfectionnements aux filtres de transmission d'ondes électriques (Sté Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

785.350. Perfectionnements aux moyens et appareils pour la conduction des courants téléphoniques par des câbles sur de grandes distances (M. William Estaugh, Angleterre).

785.504. Câble pupinisé comportant des circuits dans lesquels la diaphonie est compensée inégalement (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

785.618. Dispositif enregistreur pour centraux téléphoniques automatiques et semi-automatiques (Sté des Téléphones Hasler, France, Seine).

785.640 Montage pour installations de postes annexes (Mix et Genest Aktiengesellschaft, Allemagne).

785.672. Procédé pour diminuer la diaphonie dans les systèmes à courants porteurs (Allgmeine Elektricitäts Gesellschaft, Allemagne).

785.689. Dispositif de support articulé pour les appareils téléphoniques constitués par un microphone et un récepteur combinés (M. Alfred Hufschmid, Suisse).

785.712. Système à aimants, applicable notamment dans les écouteurs téléphoniques (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

785.844. Appareil téléphonique à prépayement pour conversations à différents tarifs (Sté Telephon Apparat Fabrik E. Zwietusch et Co G.m.b.H., Allemagne).

785.903. Bloque-disque pour téléphone automatique (M. Hauzy, Maurice, France, Suisse).

785.933. Appareil de concentration des sons audibles, à usage d'écouteur (M. Martial Potay, France, Seine).

785.998. Perfectionnements aux bobines d'induction et sonnerie combinées par exemple pour appareils téléphoniques (Sté Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

786.245. Appareil et installation de contrôle téléphonique (M. René de La Ville Le Roulx, France, Seine).

Transmission des images

780.842. Système d'exploration d'images en télévision (Invention Georges Tarel). — (Sté Sonora Radio, France, Seine).

Un rayon de lumière issue d'une source S et polarisée par un premier nicol 1 sort par un second nicol 5 parallèle au premier pour être ultérieurement projeté sur un écran 11 (fig. 1). Entre les deux nicols sont placés deux ensembles croisés (2,4) et (6,8) comportant chacun une cellule de Kerr et une lame de quartz. Aux bornes de chaque cellule de Kerr sont appliquées des oscillations périodiques qui font varier la rotation du plan de polarisation du faisceau lumi-

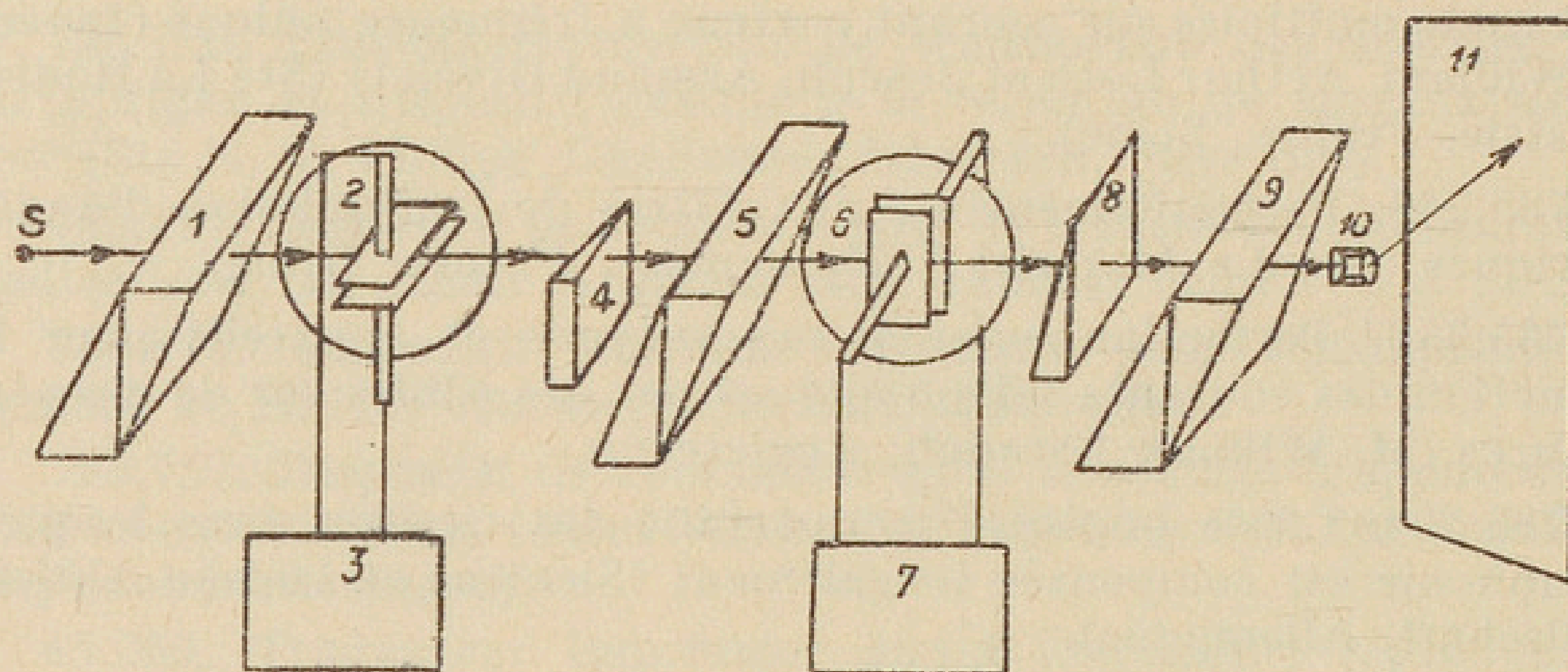


Fig. 1.

neux avec le temps. Les lames de quartz ont une épaisseur croissante d'une arête à l'autre et en rapport avec l'allure des oscillations appliquées à la cellule de Kerr adjointe.

A un instant donné, une des cellules de Kerr tourne d'un angle donné le plan de polarisation. Le quartz qui la suit tourne ce plan en sens inverse d'une valeur variable suivant son épaisseur élémentaire en chaque endroit considéré. Une rotation égale et de sens contraire à celle qu'a produite la cellule de Kerr n'est obtenue à la sortie du quartz que selon une seule ligne élémentaire située en un endroit du quartz d'épaisseur convenable. L'instant d'après, la tension oscillante appliquée à la cellule de Kerr ayant varié, la rotation dans cette dernière n'est plus la même, et ce sera selon une ligne élémentaire voisine de la précédente que l'on obtiendra une rotation égale et de sens contraire ; et ainsi de suite selon toutes les lignes élémentaires composant la surface du quartz, le plan de polarisation aura successivement une inclinaison identique à celle qu'il a à la sortie du premier nicol.

Comme d'autre part, un second ensemble cellule de Kerr-quartz, agissant d'une façon analogue et placé perpendiculairement, suit le premier (divisant donc effectivement chacune des lignes en points) et que, d'autre part, le maximum de lumière à la sortie du deuxième nicol ne peut être obtenu que si le plan de polarisation n'a pas été changé entre la sortie du premier nicol et l'entrée du second, on aura en réalité un balayage de l'écran 11 par un faisceau punctiforme. Ce balayage s'effectue sans organes mécaniques et sans inertie, ce qui atteint le but proposé.

784.701. Formation d'image avec accélération dans des tubes de Braun (Sté Fernseh A.G., Allemagne).

785.258. Perfectionnements apportés à des systèmes optiques pour télévision et des buts analogues (Sté Scophony Limited, Angleterre).

785.416. Récepteur de télévision sans fil pour images parlantes (Radioaktiengesellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

785.474. Réception par radio-diffusion d'émissions de télévision synchronisées suivant le procédé des amplitudes (Sté Radioaktiengelsellschaft D.S. Loewe, Allemagne).

785.624. Dispositif de montage pour générateurs d'oscillations basculantes, notamment en combinaison avec tubes à rayons cathodiques (Sté Radioaktiengesellschaft D. S. Loewe, Allemagne).

786.136. Perfectionnements aux appareils de télévision (M. Hans Knudsen, Angleterre).

45.317. Perfectionnements aux méthodes de synchronisation d'un faisceau cathodique (Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à Gaz, France, Seine). — (1re addition au brevet N° 780.779).

Radiocommunications.

784.462. Dispositif radio-électrique pour déterminer les directions (M. Geoffrey Gottlieb Kruesi, Etats-Unis d'Amérique).

784.537. Système de contrôle automatique du volume pour radio-récepteurs (Sté Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

784.646. Tableau indicateur d'événements périodiques, particulièrement applicable aux indicateurs d'émissions de T.S.F. (Sté Le Haut Parleur, France, Seine).

784.698. Perfectionnements saux radio-récepteurs (Sté Radio Corporation Of America, Etats-Unis d'Amérique).

784.749. Limbe lumineux pour appareils de T.S.F. et autres applications similaires (Sté Georges Gavoret et Cie, France, Seine).

784.855. Perfectionnements aux systèmes de contrôle automatique du volume pour radio-récepteurs (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

784.862. Appareil radio-récepteur combiné avec un dispositif de mise en fonctionnement par monnaie ou par jeton (M. Mastini Domenico, Italie).

784.863. Perfectionnements aux montages de réception dans lesquels le réglage de volume dépend de l'amplitude moyenne à l'entrée (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

784.881. Récepteur superhétérodyne avec circuits à moyenne fréquence à compensation d'amortissement par réaction (Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

784.908. Procédé pour le réglage automatique de bande dans des récepteurs à moyenne fréquence (Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

784.940. Procédé d'automodulation d'un générateur à champ de freinage au moyen d'oscillations de relaxation (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

784.952. Dispositif antiparasite pour appareils récepteurs à haute fréquence (Ideal Werke Aktiengesellschaft für drahtlose Telephonie, Allemagne).

785.113. Dispositif d'accord et de réglage en particulier pour récepteurs de radio-diffusion (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b. H. Allemagne).

785.162. Perfectionnements aux réseaux multiples d'antennes (Sté Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

785.430. Montage récepteur superhétérodyne dans lequel le générateur local est accouplé inductivement au circuit d'entrée du premier tube détecteur (Sté N. V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

785.443. Perfectionnements aux dispositifs indicateurs applicables plus particulièrement aux appareils de T.S.F. (Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, France, Seine).

785.491. Montage récepteur superhétérodyne dans lequel on utilise un tude à plusieurs grilles pour le redressement des oscillations reçues et des oscillations engendrées localement (Sté N.V. Philips' Glœilampenfabrieken, Pays-Bas).

785.559. Perfectionnements aux systèmes d'alimentation des postes récepteurs de T.S.F. et appareils analogues (Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston, France, Seine).

785.591. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique à haute fréquence (Sté Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

785.600. Perfectionnements aux appareils radio-récepteurs à changement de fréquence (Sté La Compagnie des Lampes, France, Seine).

785.626. Caisse de résonance pour postes récepteurs de T.S.F. (M. Henri Brecy, France, Seine).

785.656. Perfectionnements aux feeders et dispositifs analogues pour courants électriques à haute fréquence (Sté Electric and Musical Industries, Limited Angleterre).

785.663. Tube électronique (Sté Naamlooze Vennootschap Machinerieën-en Apparaten Fabrieken « Meaf », Pays-Bas).

785.702. Antenne (M. Hans Marchetto, Suisse).

785.967. Procédé et dispositif pour la production d'ondes courtes (M. Oscar Heil, Allemagne).

785.983. Perfectionnements aux procédés d'élimination de la distorsion dans les émetteurs d'ondes modulées (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

786.027. Perfectionnements aux installations de haut-parleurs puissants (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

Revue mensuelle

publiée par les soins du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Prix de l'abonnement annuel :

Personnes appartenant à l'Administration des P.T.T. .... 20 fr.
Personnes étrangères à l'Administration .... 50 fr

(Pour la prise en charge du montant des abonnements voir *Bulletin Officie* n° 15 de 1932, page 517).

Sommaire du n° 9 de l'année 1935 (4e année).

Historique et évolution du service des chèques postaux en France, par M. Cabanne, chef de bureau au Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.
Découverte de hauts-fonds par un navire câblier.

PAGES ET DOCUMENTS D'HISTOIRE POSTALE.

Taxes et tarifs postaux jusqu'à la Révolution.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

1° Administration générale.

Comité chargé de rechercher et de proposer toutes mesures tendant à la suppression ou à la réduction des dépenses et à l'amélioration des services publics par la simplification des rouages administratifs.

2° Personnel.

Décret relatif au cumul d'une fonction publique et d'un emploi privé.

3° Poste et services financiers.

Recettes bugdétaires de juillet 1935.
Payement des allocations d'assistance par les bureaux de poste.

4° Télégraphe.

Création de nouvelles relations phototélégraphiques.

5° Téléphone.

Etablissement du téléphone automatique rural.
Réduction de certaines taxes téléphoniques internationales.
Réduction de certaines taxes téléphoniques du régime intérieur.

6° Radiodiffusion.

Décret relatif à l'exploitation des postes de radiodiffusion de l'État.
Exploitation de la station radio-coloniale de l'État français.
Conseil de gérance de l'Association générale des auditeurs de T.S.F. (Paris P.T.T.).
Conseils de gérance des Associations d'auditeurs, chargés de l'exploitation des stations régionales de radiodiffusion.
Lutte contre les parasites.

OFFICES ÉTRANGERS

1° Poste.

Allemagne. — La protection du personnel des services ambulants contre les attentats à main armée.
Une nouvelle machine à affranchir les correspondances.
Une nouvelle disposition en matière d'envois d'imprimés.
Etats-Unis de l'Amérique du Nord. — L'oblitération des timbres-poste et les philatélistes.

2° Télécommunications.

Huitième congrès de la Chambre de commerce internationale (Paris, 24-29 juin 1935. Examen des questions ayant trait aux télécommunications.
Statistique du nombre des postes récepteurs de radiodiffusion.
Statistique du nombre des radiocentrales et de leurs abonnés.
Allemagne. — L'automatique interurbain.
Les studios de la maison de la radio à Breslau.
Autriche. — Une nouvelle maison de la radio à Vienne.
Etats-Unis. — La télévision en Amérique. — Les projets de la Radio Corporation of America.

JURISPRUDENCE.

Compétence administrative. — Contrats. — Etat. — Transports maritimes. — Formes du droit commun. — Compétence judiciaire.
Exécution provisoire. — Matière administrative. — Conseil de Préfecture. — Caution ou justification de solvabilité.

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Articles de revue.
— Ouvrages récemment entrés à la Bibliothèque centrale.

Le Gérant :
Henri Dévé.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 8-11-35.

POSE DE CABLES TÉLÉPHONIQUES AÉRIENS DANS LA RÉGION DE LILLE, [1]

par J. DAUVIN,

ingénieur en chef des P.T.T. à Lille.

En 1932, nous avons constaté que les Services Téléphoniques Belges posaient une très grande quantité de câbles téléphoniques aériens.

Après avoir visité des chantiers en Belgique et avoir reçu de M. Tosiaux, ingénieur principal des Télégraphes et Téléphones belges à Liége, une documentation très intéressante et très complète sur ce sujet, nous avons fait procéder au même travail dans notre région.

Dans le présent article, nous indiquerons les méthodes qui ont été mises au point, pour la plus grande part, par M. La Maida, ingénieur des P. T. T., pendant sa présence à Lille, et les conditions d'applications que nous envisageons.

I. PRINCIPES

Le but à réaliser est le suivant :

Tendre sur des appuis appropriés entre les deux points extrêmes du parcours du câble téléphonique, un câble porteur que l'on munit de colliers, et tirer dans ces anneaux le câble téléphonique exactement comme il l'est dans un trou d'une canalisation souterraine.

Une installation de câble en aérien comporte donc trois parties principales :

1° les *appuis* comprenant les appuis tête de ligne, les appuis d'alignement, les appuis d'angle munis de crochets ou de poulies d'attache ;

2° la *suspension* comprenant un câble d'acier dit « câble porteur » muni de colliers de suspension espacés de 50 cm ;

1. Je tiens à remercier vivement les autorités belges et tout particulièrement M. Botilde, ingénieur en chef, directeur régional des Télégraphes et Téléphones à Charleroi, et M. Tosiaux, ingénieur principal, 5e section technique des Télégraphes et Téléphones à Liége, pour les renseignements et la documentation qu'ils m'ont si aimablement et si complètement fournis.

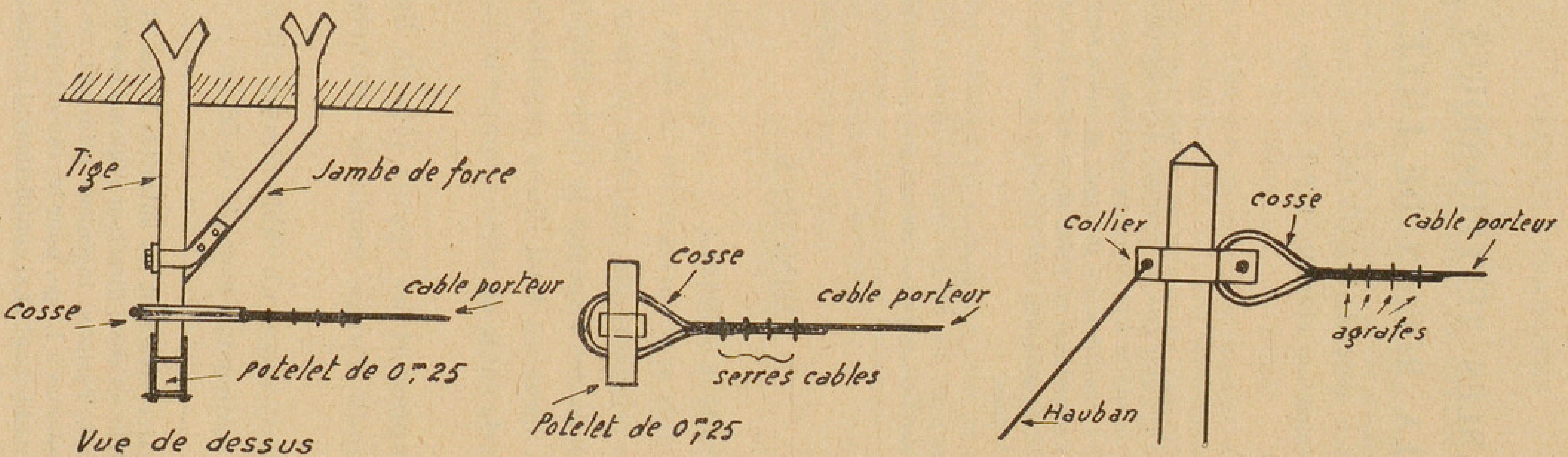


Fig. 1. — Têtes de lignes en façade. Cas d'arrêt sans réglage de la tension.

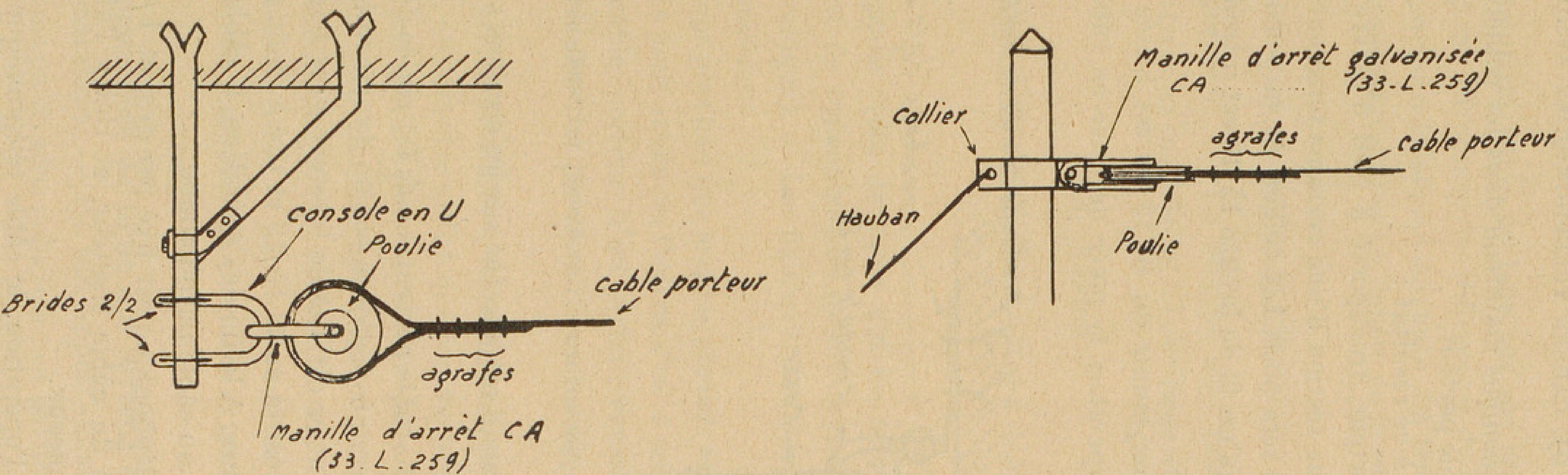


Fig. 2. — Têtes de lignes en façade. Cas d'arrêt avec réglage de la tension.

3° le *câble téléphonique* maintenu dans les colliers de suspension et parallèle au câble porteur.

Pour arriver à ce résultat :

1. Le câble porteur, transporté à pied d'œuvre sur sa bobine, est déroulé sur une section d'une certaine longueur le long du parcours sur lequel il sera posé. Les colliers de suspension sont adaptés en même temps qu'un fil de bronze 15/10 est introduit à l'intérieur des anneaux.

2. La suspension munie du fil 15/10 est hissée sur les appuis. Le fil 15/10 occupe alors la place destinée au câble téléphonique.

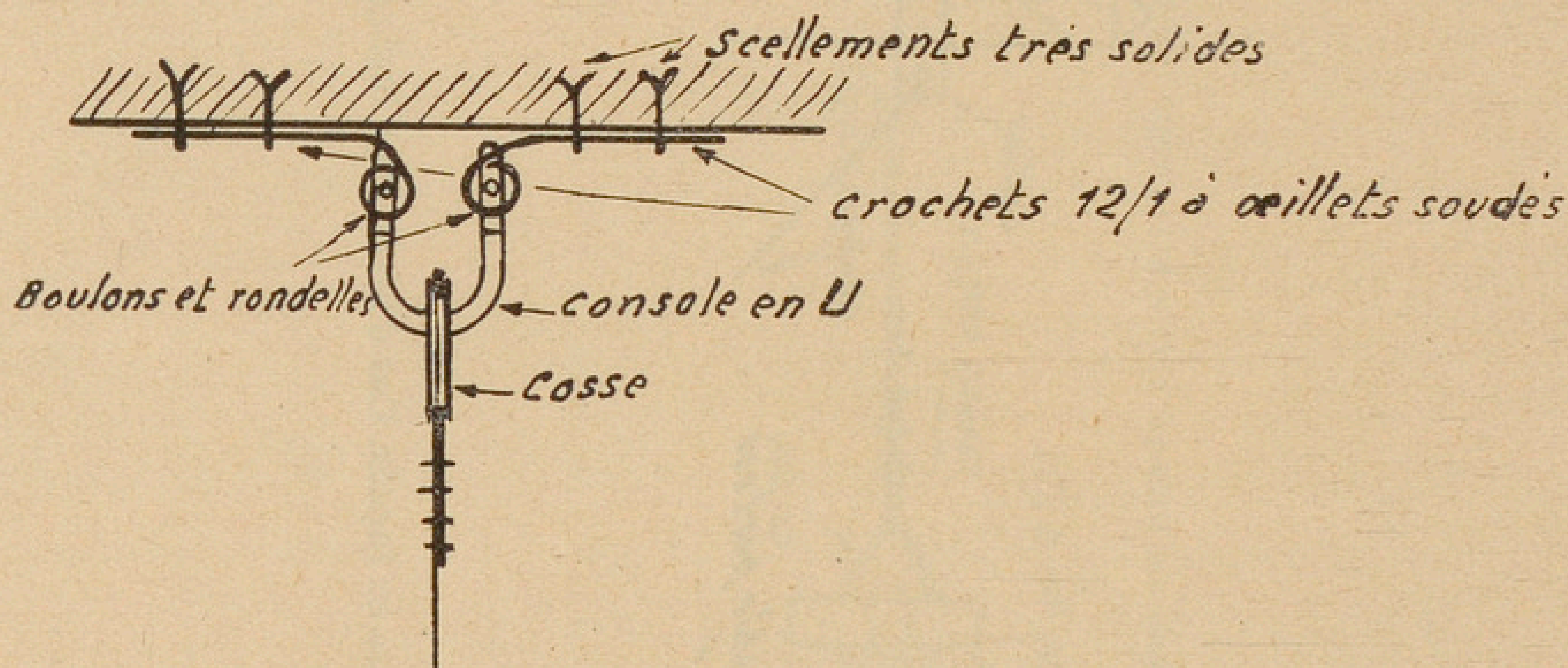


Fig. 3. — Têtes de lignes en façade. Cas d'arrêt perpendiculairement à un mur.

3. Le même travail est effectué sur les sections suivantes jusqu'à la dernière.

4. La tension du câble porteur *à vide* est réglée de façon à obtenir une tension déterminée indiquée par un dynamomètre.

5. Un câble d'acier dit « câble tracteur » est fixé par l'obus universel à une extrémité du fil 15/10 et tiré à l'aide de celui-ci à l'intérieur des anneaux. A la fin de l'opération, le câble tracteur occupe la place destinée au câble téléphonique.

6. Le câble téléphonique est fixé par grip et 1/2 obus universel à une extrémité du câble tracteur, et tiré à l'aide de celui-ci à l'intérieur des anneaux.

A la fin de l'opération, le câble téléphonique occupe sa place définitive.

Le frottement du câble porteur sur ses points d'appui n'est pas assez fort pour introduire des différences de tension de ce câble porteur d'une portée à la portée suivante. La tension du câble porteur est donc la même d'un bout à l'autre de la suspension.

II. RÉALISATION

Nota préliminaire. — En annexe sont rassemblées toutes les indications relatives au matériel et à l'outillage utilisé.

A. Appuis

A. 1. — **Appuis tête de ligne.** — Il y a deux groupes d'appuis tête de ligne.

A. 11. **Appuis tête de ligne qui ne servent pas en même temps de point de concentration** (point de raccord des fils aériens au câble téléphonique). — Les figures 1, 2 et 3 montrent les diverses réalisations possibles.

Nous verrons plus loin que le câble porteur étant posé en partant d'une extrémité pour atteindre l'autre, c'est à cette deuxième extrémité que le câble porteur n'est définitivement arrêté qu'après réglage de la tension. La présence d'une poulie pour ce réglage est indispensable.

Un arrêt perpendiculaire à un mur, cas qu'il faut autant que possible éviter, ne doit être utilisé que comme première extrémité — celle qui n'est pas utilisée pour le réglage de la tension — car ainsi qu'il est indiqué plus loin, les opérations de réglage de la tension occasionnent sur la deuxième extrémité une tension double de celle dc la tension de câble, et par conséquent double de la tension à laquelle est soumis l'appui de la première extrémité.

A. 12. **Appuis tête de ligne qui servent en même temps de point de concentration.** — De tels appuis doivent être consolidés dans tous les sens où ils sont sollicités ; en particulier s'ils reçoivent d'un côté une nappe de fils et le câble porteur dans une direction

diamétralement opposée, ils doivent être consolidés dans les deux sens.

Dans les cas d'appuis secteurs sur poteaux on peut utiliser les modèles de secteurs sur poteaux (figures 4, 5, 6, 7, 8 et 9) avec

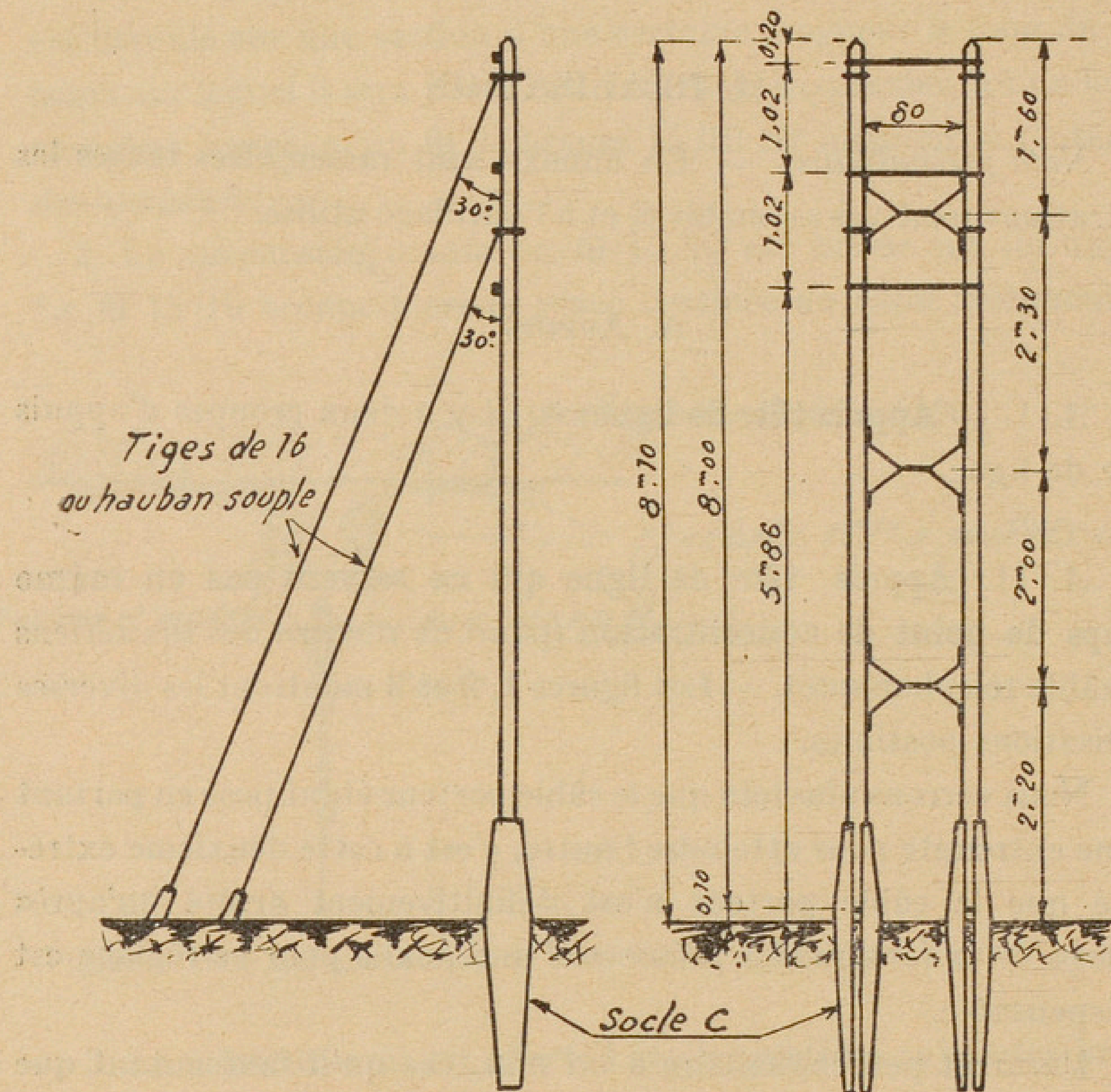


Fig. 4. — Appui tête de ligne pour 28 paires.

dispositions voulues pour la fixation du câble porteur et des haubans de consolidation.

A. 2. — **Appuis d'alignements** (voir figure 10).

a) *appuis pour câble porteur seul.*

cas a — 1 : tige 66/1 et crochet de suspension n° 1 et bride 2/2.

cas a — 2 : tiges 68/1 ou 68/3, jambes de force appropriées et crochet de suspension n° 1 et bride 2/1.

Ce sont les appuis les plus courants en façade et les plus économiques.

b) *tiges et potelets de longueurs variables* ; avec ou sans jambe de force suivant la longueur des tiges.

Appui utilisé lorsque les façades sont basses (fig. 10, cas *b*1 et cas *b* 2.

c) *montant de* 70 *avec traverses de* 35 *mm* ; jambe de force équerre et crochet de suspension nº 1 (jambe de force indispensable).

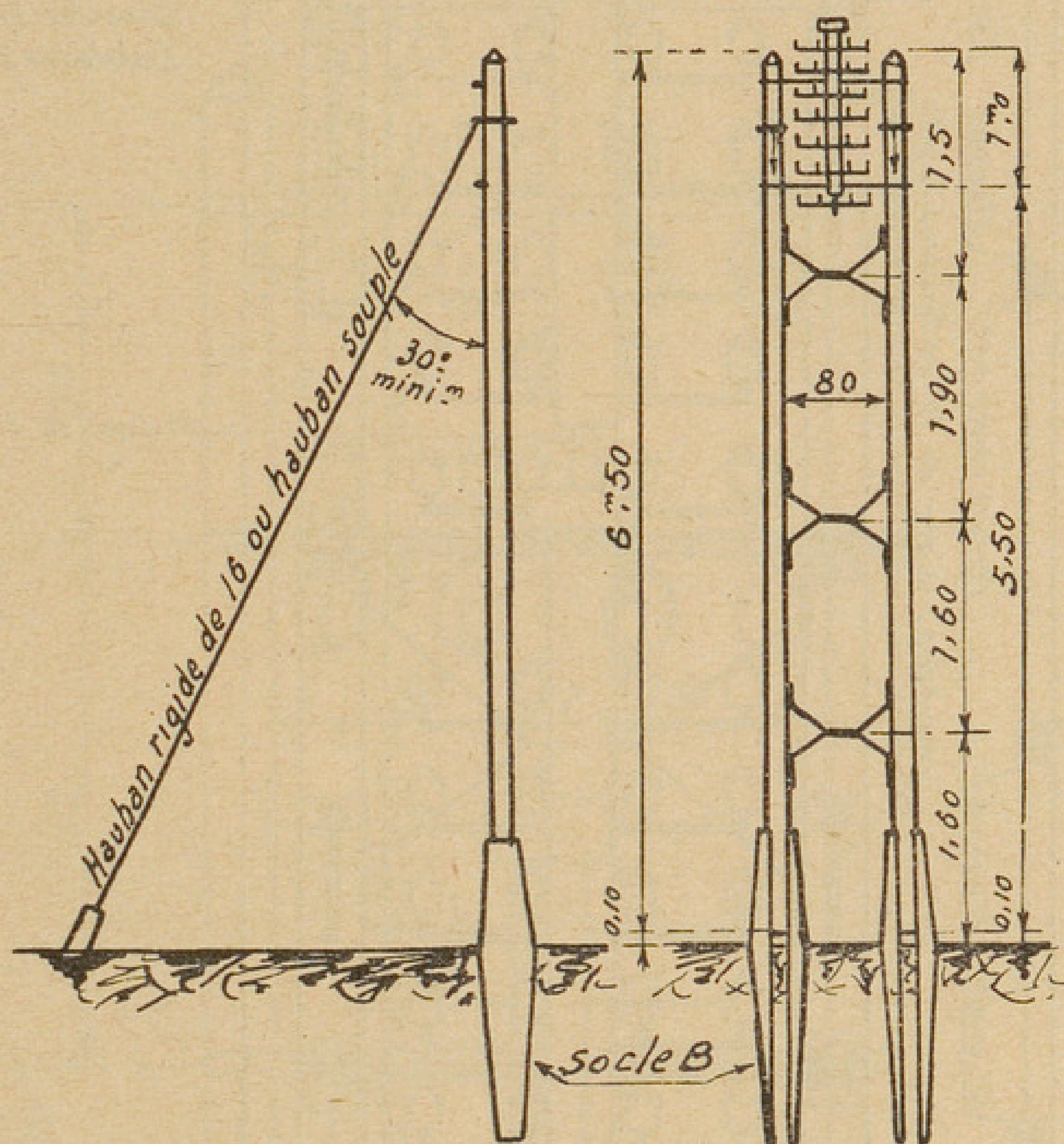


Fig. 5. — Appui tête de ligne pour 14 paires.

d) *montant avec porte à faux* (tiges et potelets avec crochet de suspension nº 2.

e) *poteau simple sur socle* ; collier de consolidation et manille.

f) *poteau simple sur socle avec porte à faux* (traverse et jambe) crochet de suspension nº 1 (fig. 10, cas *f*1 ou cas *f*2).

g) *poteau simple sur socle avec potelet en porte à faux* ; crochet de suspension nº 2.

A. 3. — **Appuis d'angle.**

Mêmes types d'appuis que les précédents avec en plus, une consolidation appropriée.

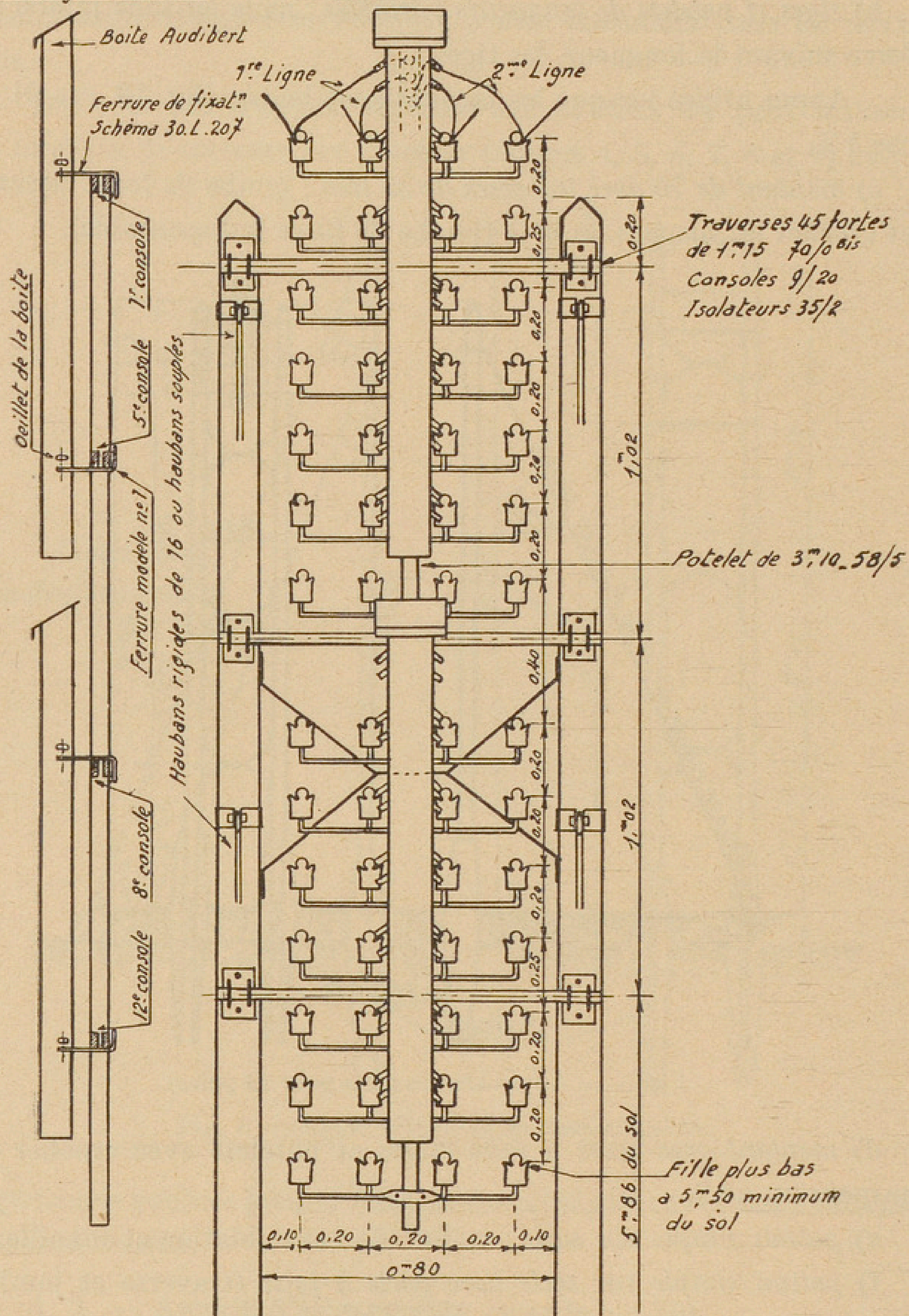
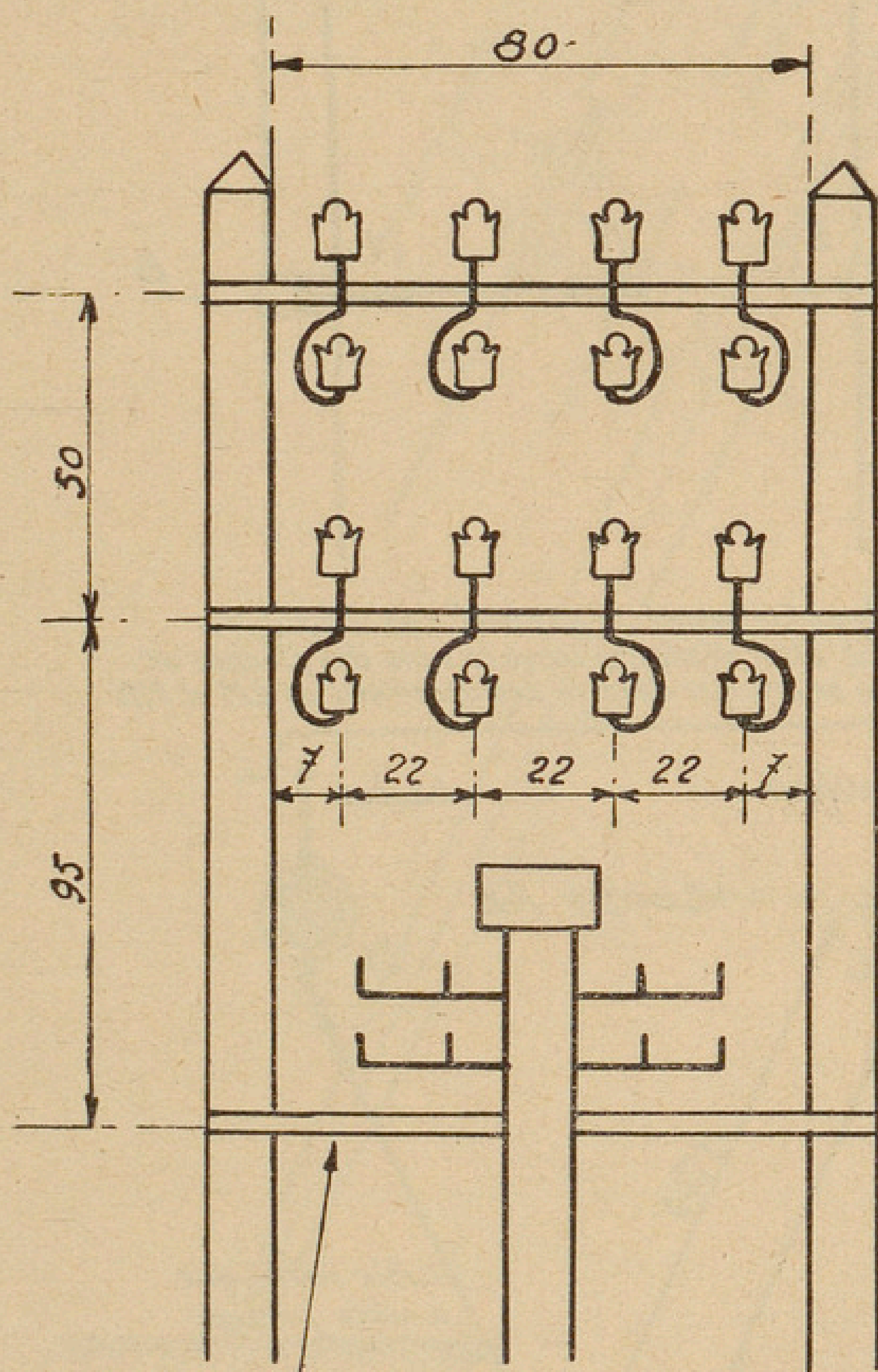


Fig. 6. — Appui tête de ligne pour 28 paires.



Traverses de 35 mm de 1m05 - 71/1
Consoles de 25 cm 9/24
Isolateurs P.M 35/3

Fig. 7. — Modification aux appuis têtes de lignes 28 paires et 14 paires pour circuits de passage.

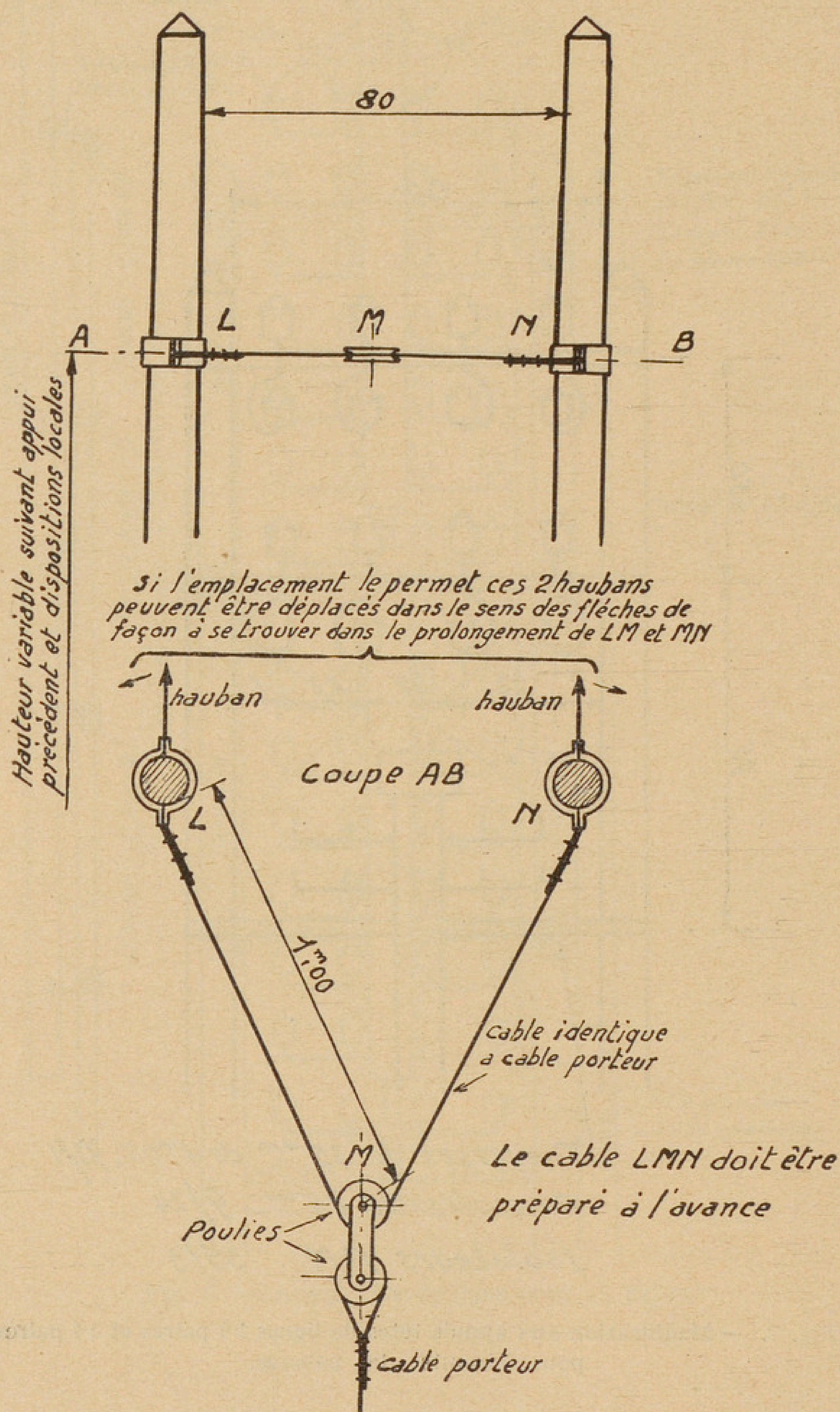


Fig. 8. — Fixation du câble porteur sur les appuis têtes de lignes sur poteaux.

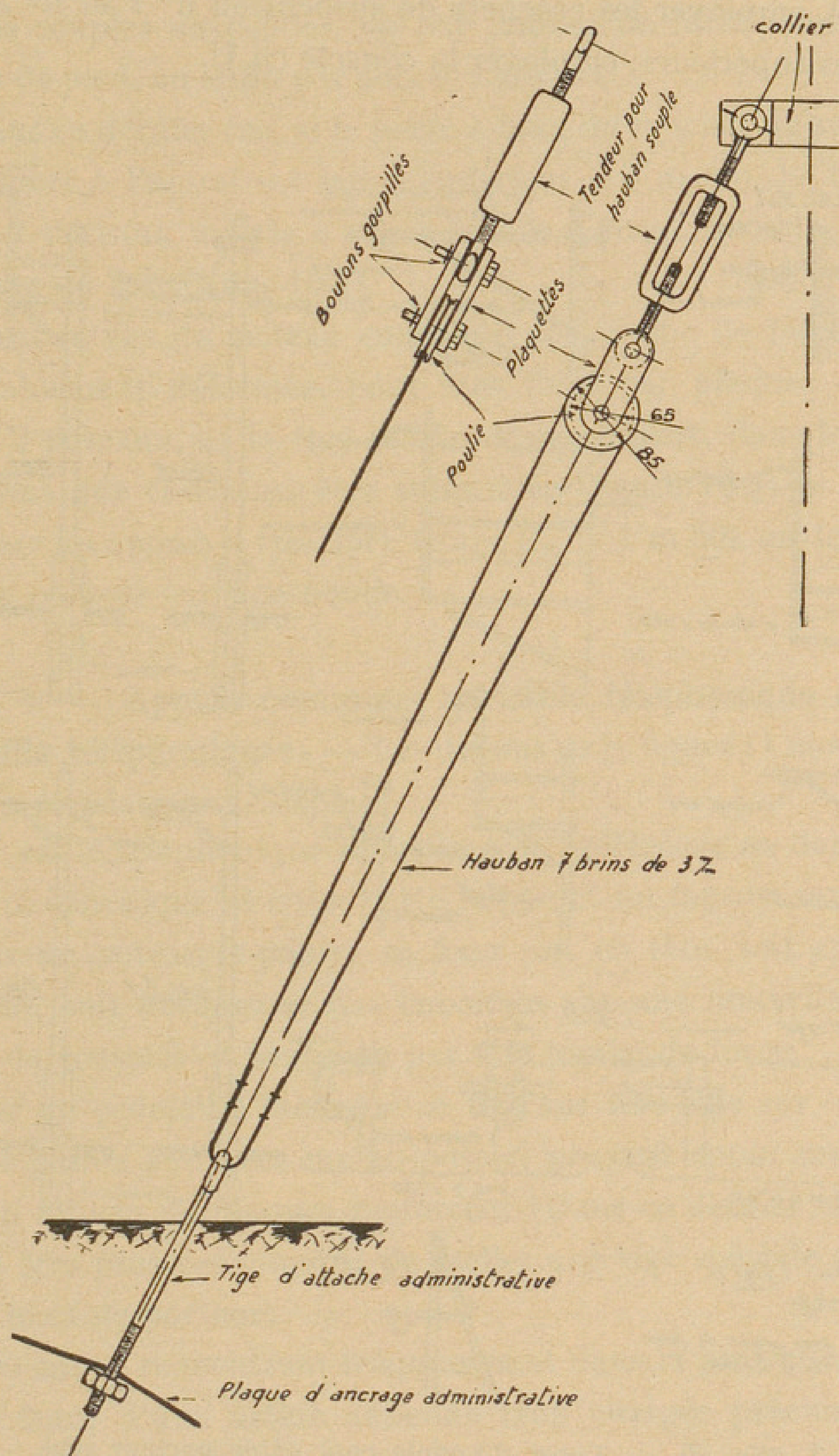


Fig. 9. — Montage d'un hauban : cas d'utilisation de hauban souple.

Nota. — **Pour le montage en hauban rigide, utiliser le montage normal des haubans rigides.**

En particulier, tous les appuis bois en tirage réduit supérieur à 0 m 10 doivent être consolidés. Pour les tirages réduits inférieurs à 0 m 50, employer les crochets de suspension n° 1 et n° 2 ; pour les tirages supérieurs, employer la console en U.

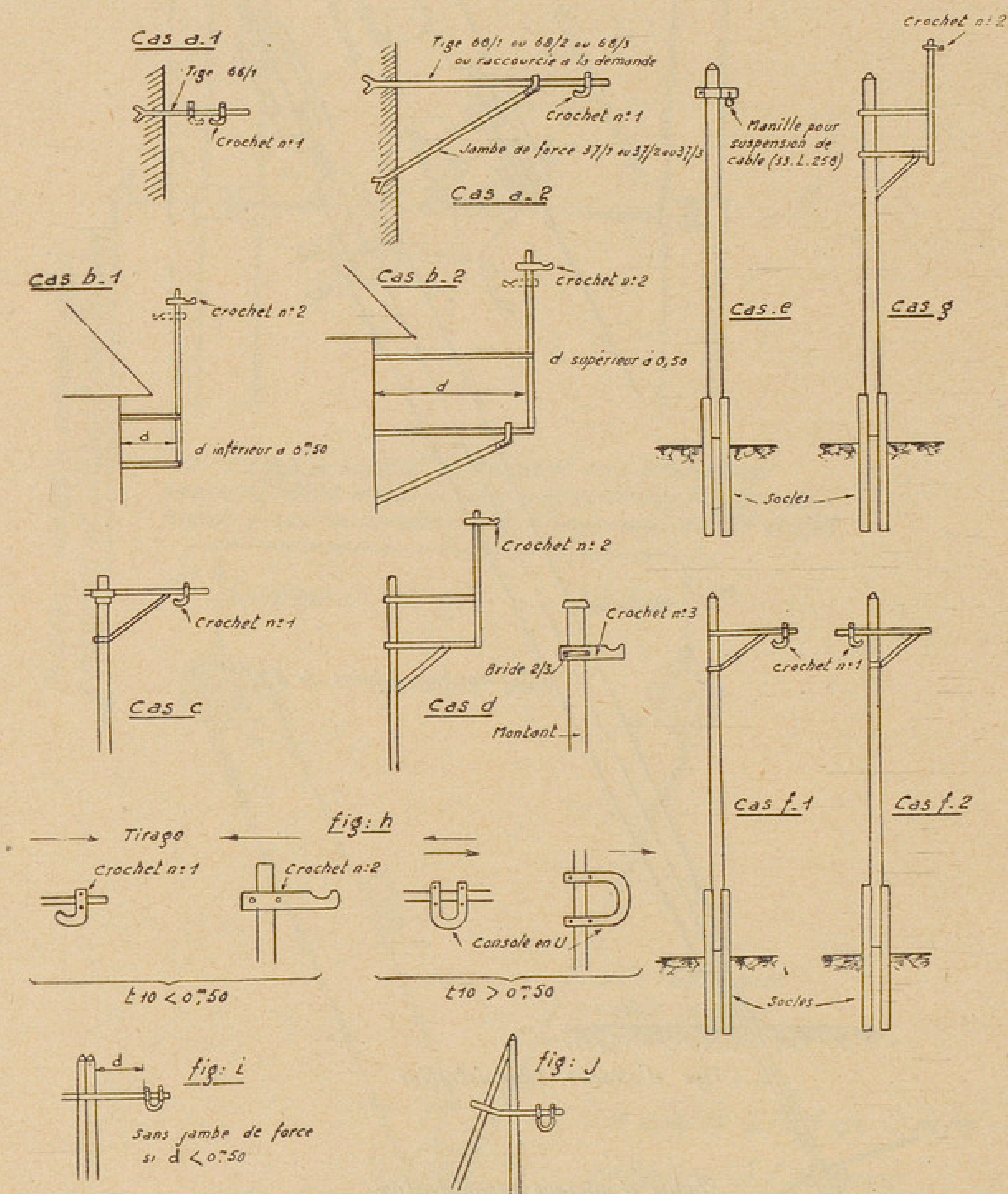


Fig. 10. — Types d'appuis pour câble porteur seul.

Orienter convenablement les crochets de suspension n° 1 et n° 2, ainsi que les consoles en U (fig. 10 *h*).

Utiliser, pour consolider la tête des potelets : haubans rigides ou câbles à plusieurs brins avec tendeurs à œillet, de façon que sous

l'action du tirage, le câble porteur soit appliqué au point convenable des dispositifs de suspension.

Selon les emplacements, les appuis bois sont consolidés par haubans souples ou rigides, ou par jambes de force avec socle et hauban de pied, ou enfin par poteaux moisés.

Dans ce dernier cas, si le porte à faux du crochet de suspension par rapport à l'appui est faible (inférieur à 0 m 30), la tige fixée sur les 2 poteaux moisés n'a pas besoin d'être consolidée par tige de jambe de force (fig. 10 *i*).

Dans le cas du poteau consolidé par jambe de force, la tige convenablement déformée, peut être fixée par plaques et brides sur les 2 poteaux, et la tige jambe de force peut, dans les mêmes conditions que ci-dessus, être supprimée (figure 10 *j*).

Pour les appuis à très fort tirage ($t_{10} > 1$ m 50) on fait passer le câble porteur sur une poulie.

A. 4. — **Appuis communs au câble téléphonique aérien et à des fils téléphoniques.** — Les dessins de la figure 11 montrent les diverses réalisations possibles.

Le câble téléphonique sera placé de préférence en dehors de la nappe téléphonique et entre cette nappe et les façades.

Sur un poteau il pourra se fixer soit en tête, soit entre deux traverses, soit au-dessous des traverses sur une nouvelle traverse munie de consoles et soutenue par une jambe de force.

Sur un potelet il pourra être fixé sur une tige sur le potelet, sur une jambe de force, sur un potelet prenant appui sur les deux tiges au moyen de plaques renforcées. (Dans ce dernier cas, il peut parfois être plus économique de sceller une tige spéciale pour supporter le câble porteur).

Ces cas se rencontrent fréquemment dans la pratique. Le câble suit le tracé d'une artère aérienne trop chargée préexistante, et dans ce cas les appuis existants peuvent être conservés. Les portées pour le câble téléphonique étant environ moitié de celle de la ligne aérienne, il suffira en général d'intercaler un nouveau support pour le câble téléphonique seulement entre deux appuis pré existants.

Une artère nouvelle est à prévoir pour le reliement d'abonnés le long du parcours du câble et dans ce cas, en général, un appui sur deux devra pouvoir recevoir des fils aériens.

B. — ETUDE DU TIRAGE.
DÉTERMINATION DE L'EMPLACEMENT DES APPUIS ET DES PORTÉES.
DÉTERMINATION DU MATÉRIEL ET DE L'OUTILLAGE NÉCESSAIRE.

B. I. — **Etude.** — La préoccupation fondamentale doit être que la suspension supposée placée à terre sur toute sa longueur doit pouvoir être hissée sur les ferrures de fixation des appuis courants et des appuis tête de ligne *sans aucun enfilage.*

Dans le cas d'une artère aérienne préexistante, il est nécessaire de prendre des précautions préliminaires.

Soit un poteau supportant des fils aériens (fig. 12). — Le support du câble devra être placé dans la situation marquée « B.P. » (bonne position) et non dans la situation « M.P. » (fig. 12 *a*), sauf dans le cas où le câble porteur pourrait être déroulé entre le mur ou la haie et le poteau ; sans cela, pour mettre en M le câble porteur, il serait nécessaire de retirer tous les fils des isolateurs et de faire suivre au moment du levage du câble porteur, le tracé en pointillé.

Soit maintenant à monter le câble depuis le chemin de déroulage A jusqu'au crochet D situé sur la tige supérieure d'un potelet de 3 m 10 (fig. 12 *b* et 12 *c*).

Bloquer à talon l'armement sur la tige supérieure pour empêcher le glissement du potelet.

Déboulonner les flasques inférieures *b* et *c*, écarter de la façade le potelet maintenu seulement par la flasque *a* légèrement desserrée. Cette opération libère en *b* et en *c* un espace suffisant pour que le câble puisse être passé du chemin de déroulage *A* jusqu'au crochet D (trajet en pointillé).

Lorsqu'un tel appui est, soit en tirage sans être dans la bissectrice, soit tête de ligne, l'opération ci-dessus nécessite des haubannages provisoires.

Les lignes d'abonnés quittant l'artère aérienne du côté et en

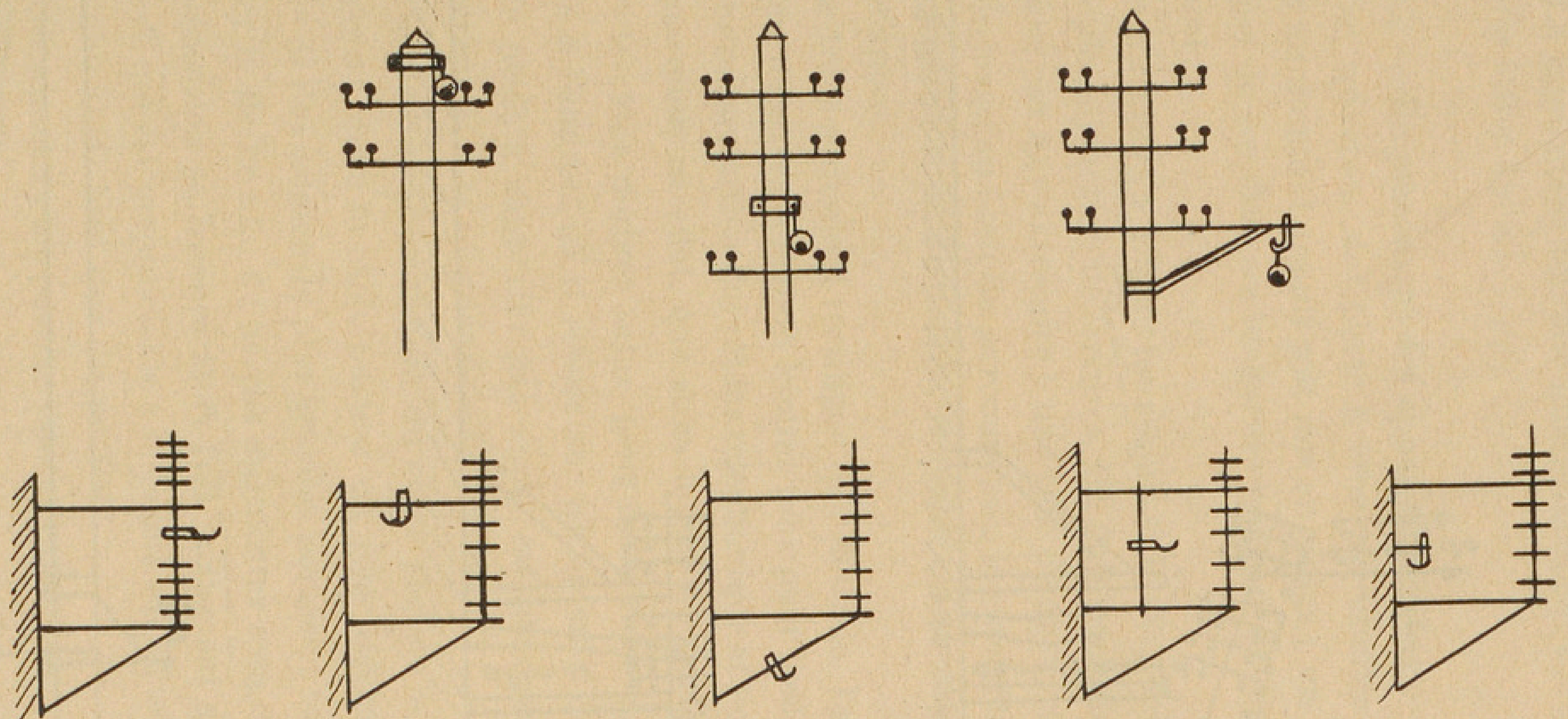


Fig. 11. — Mise en place du câble porteur sur appuis existants.

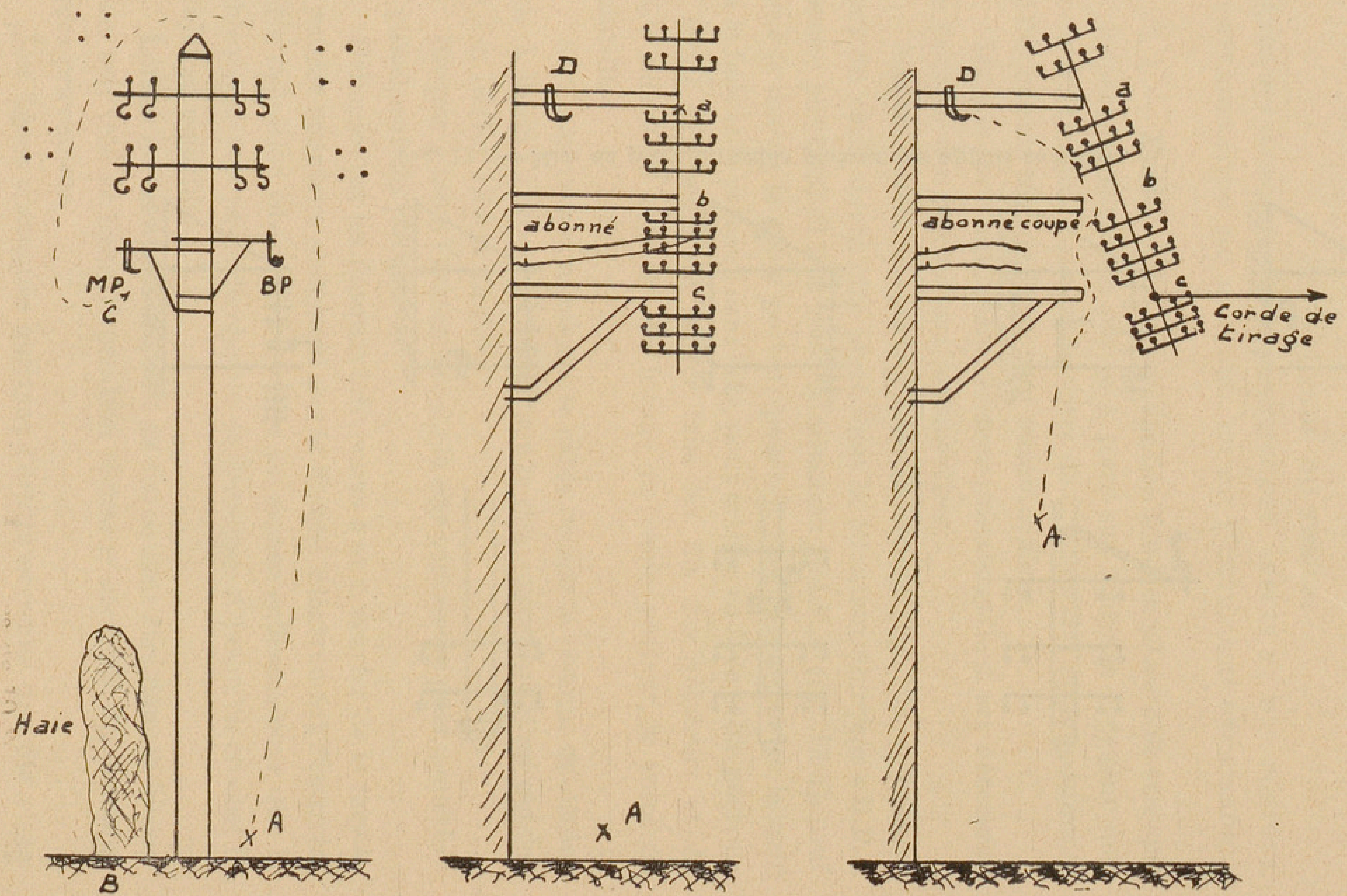


Fig. 12. — Mise en place du câble porteur sur appuis existants.

dessous du câble porteur sont à couper pendant l'opération de la levée. (La ligne étant rétablie immédiatement après, l'interruption est de très faible durée).

B. 2. — **Emplacement des appuis et portées.** — La longueur des tiges, des traverses, des porte à faux est étudiée de façon qu'un nombre minimum d'appuis soit mis en tirage ; on pourra souvent, par le jeu de ces diverses longueurs reporter le tirage sur un appui déterminé.

On cherchera à utiliser les appuis existants des lignes aériennes par simple adjonction de ferrures. On doit pouvoir, le câble d'acier étant fixé par une extrémité à une tête de ligne, dérouler la bobine de câble jusqu'au bout du parcours puis le câble étant posé à terre dans sa position de déroulage, le monter à sa place au sommet de chaque appui.

Le tracé sera aussi rectiligne que possible. Les portées ne doivent pas dépasser certaines limites tant pour l'esthétique que pour la bonne conservation des câbles téléphonique et porteur. Il convient de remarquer, en effet, que dans le cas de portées plus grandes :

1° le câble porteur subit, pour deux raisons, une fatigue plus grande à l'endroit où il repose sur les appuis ;

a) le poids à supporter par appui est plus grand, puisqu'il est proportionnel à la longueur de la portée ;

b) l'angle du raccordement du câble porteur à chaque appui est plus grand, donc le câble porteur est plus déformé.

2° Si l'on admet de plus grandes portées, l'on est obligé d'augmenter la flèche afin de ne pas augmenter exagérément la tension. La suspension se balance alors très facilement sous l'influence du vent, ce qui est préjudiciable à la bonne conservation du câble téléphonique aussi bien que du porteur.

On admettra les portées limites suivantes :

câble à	112	paires :	18	mètres		dans des cas exceptionnels, ces portées pourront être augmentées de 10 %.
—	56	—	20	—		
—	28	—	24	—		
—	14	—	28	—		

La hauteur minimum est de 6 mètres pour les traversées de route, et 5 m 50 pour les routes secondaires, ce qui est fréquent dans les agglomérations. On sera donc amené à poser le câble porteur en général à 6 m 50 du sol.

Cette hauteur peut être diminuée si l'on dispose d'une assez grande section sans traversée de route.

Il faut éviter, autant que possible, le passage du câble devant les fenêtres des habitations. Un emplacement excellent est le dessous immédiat des nochères.

Dans une suspension de câble, la hauteur de chaque appui est liée intimement à la hauteur de l'appui suivant ; il faut éviter

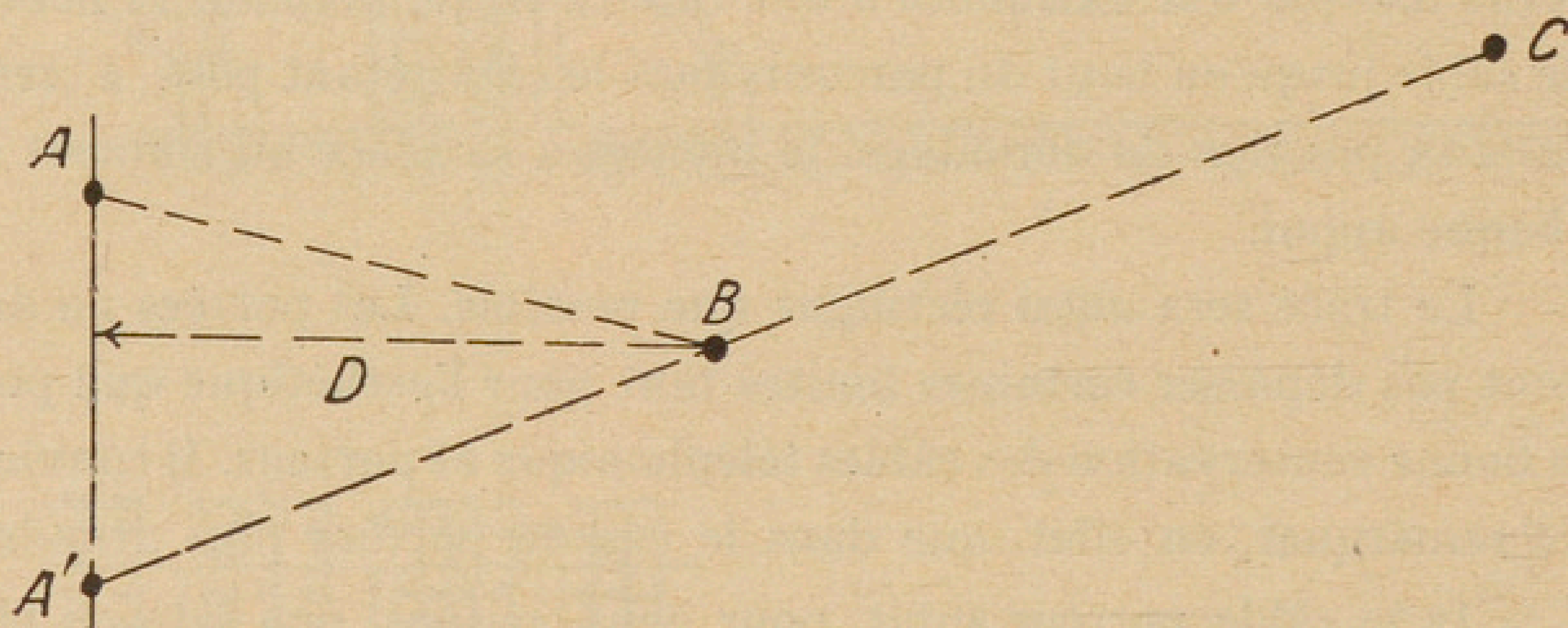


Fig. 13.

qu'un appui soit tiré par les cheveux, auquel cas le tirage du câble téléphonique deviendrait impossible.

De façon plus précise, pour les appuis tirés vers le haut, la dénivellation ne doit pas dépasser 0 m 02 × D ; D désignant la portée en mètres la plus courte encadrant l'appui tiré vers le haut.

Soient trois appuis consécutifs A, B, C (fig. 13).

Se mettre sous l'appuis A et déterminer le point A' d'où l'on voit les supports B et C en ligne droite. On doit avoir :

AA' inférieur à 0 m 02 × D.

Si D = 20 m, AA' doit donc être inférieur à 0 m 40.

La distance entre le câble et la façade sera variable suivant les divers cas. Mais le câble devra toujours être placé à au moins 0 m 50 des branchements de lumière.

Si le câble est placé entre deux étages d'une maison, il est bon qu'il soit écarté d'au moins 0 m 80 de la façade pour permettre soit le ravalement des façades, soit les déménagements.

Il arrive souvent que le câble soit conduit jusqu'à une bifurcation de plusieurs rues et qu'un point de concentration soit placé au départ de plusieurs d'entre elles. Dans ce cas il est souvent nécessaire de placer aux traversées de petits tronçons de câble porteur. Les extrémités d'une telle traversée ne constituent pas alors de véritables têtes de ligne, surtout si une flèche assez grande étant admissible, le petit tronçon spécial de câble porteur n'est que peu tendu.

Ce procédé permet d'éviter, en fin de parcours, un angle très vif dans le tracé du câble porteur principal.

La portée est en général faible (inférieure à 12 m) ; le câble porteur accessoire est alors posé avec tension faible (20 à 50 kg par exemple), ce qui permet de procéder sans difficulté à sa réalisation. On peut utiliser des crochets de haubans 12/1 dans lesquels est fixé le câble porteur à chaque extrémité.

B. 3. — **Détermination du matériel et de l'outillage nécessaire.** — Utiliser le tableau donné à la fin de l'article pour relever tout le matériel administratif et spécial nécessaire, compte tenu des indications complémentaires suivantes :

Câble porteur. — Le tracé étant connu et les portées mesurées exactement, on prendra comme longueur utile de câble porteur, pour chaque section comprise entre deux têtes de ligne, la somme des longueurs des portées de la section majorée de 40 mètres environ. Cette longueur supplémentaire étant destinée à permettre le réglage de la tension.

Colliers de suspension courts. — Prévoir 2 colliers par mètre de câble posé, la distance d'un collier au suivant étant de 50 cm.

Majorer les chiffres obtenus de 10 °/₀ environ pour parer à toute éventualité (matériel déformé ou non conforme).

Serre-câbles. — Prévoir 4 serre-câbles par tête de ligne ; 2 serre-câbles par extrémité pour haubans transversaux ou traversées de routes indépendantes. Les serre-câbles servent encore pour les confections des haubans de consolidation. Prévoir en plus du nombre

ainsi obtenu, 10 serre-câbles supplémentaires qui seront récupérés et joints à l'outillage en fin de travaux.

Garniture de plomb. — Appuis d'alignement. — Mettre deux garnitures de plomb, une sur chacun des colliers qui encadrent l'appui (les colliers au voisinage d'un appui doivent être légèrement déplacés par glissement, de façon à ce que l'appui se trouve au milieu des deux colliers).

Appuis d'angle. — En s'inspirant de la même considération que ci-dessus, prévoir 4 garnitures (deux de chaque côté sur chacun des deux premiers anneaux).

Appuis tête de ligne. — Trois garnitures, une à chacun des trois premiers anneaux.

Cosses, poulies fer, matériel divers. — Sur les deux têtes de ligne d'une même section, l'une est construite en principe avec une cosse, l'autre avec une poulie fer avec manille d'arrêt.

Les haubans transversaux et les traversées de route indépendantes nécessitent une cosse à chacune de leurs extrémités.

Outillage. — L'outillage nécessaire est le suivant :

Outillage du service aérien.

6 échelles de 4 m doubles (développement : 7 m 50) ;

4 échelles simples de 4 m ;

les paires de griffes des agents, les ceintures de sûreté, les cordages de l'équipe, les clés diverses pour serrage ou desserrage des boulons d'assemblage des appuis, des brides, des colliers, des agrafes, etc...

une botte de fil de bronze de 15/10 à utiliser comme aiguille pour le tirage du câble tracteur ;

une enrouleuse pour fil de cuivre.

Outillage du service souterrain.

Un treuil avec son bâti sur lequel sont enroulés les 500 m du câble tracteur (CA-51 et CA-51 *bis*) ;

dérouleuse en fer pour câble porteur (2 roues, 1 axe) CA-52 ;

un palan de 1000 kg (CA-62) ;

un dynamomètre 2000 kg (CA-59) ;

un obus de tirage universel (CA-58) ;
des poulies en bois (CA-53 ou CA-54) ;
4 pinces à sertir les colliers de suspension (CA-55) ;
3 étaux pour armement du câble porteur (CA-55 *bis*).
3 grips de retenue pour arrêtage du câble porteur (CA-60) ;
3 calibres en bois de longueur 0 m 50, 1 m, et 1 m 50 ;
outillage habituel d'une équipe de soudeur ;
2 vérins et axe pour le déroulage du câble téléphonique ;
Grips de tirage du câble téléphonique adaptés aux câbles à tirer.

En ce qui concerne les poulies en bois, il faut prévoir en principe, une poulie par appui, y compris les têtes de lignes et 2 ou 3 poulies supplémentaires.

En cas de nécessité, les poulies pourront être supprimées sur certains appuis appartenant à des sections rectilignes à hauteur uniforme et de faibles portées. En effet, les portées étant courtes (10 mètres par exemple) et la flèche peu importante, l'angle de raccordement est sensiblement nul.

C. Préparation du travail.

La préparation du travail comporte :

C. 1. La construction, par l'équipe du Service aérien, de tous les appuis qui ont été arrêtés lors de l'étude et destinés à supporter le câble porteur et la pose, sur tous les appuis existants conservés, du modèle de crochet de suspension destiné à recevoir le câble porteur.

C. 2. La réalisation des prises de terre à toutes les extrémités.

C. 3. L'approvisionnement du chantier en outillage, pour le jour du tirage.

D. Exécution du travail.

D. 1. — **Mise en place du câble porteur.** — Le jour du montage du câble porteur et du tirage du câble téléphonique, il est nécessaire de disposer du personnel suivant :

Une équipe du Service aérien comprenant :

2 chefs d'équipe (ou un chef d'équipe et un chef de groupe).
14 à 16 agents.
Une équipe du service souterrain comprenant :
un chef d'équipe.
4 agents.

1re Opération. Déroulage du câble porteur et montage des anneaux.

Placer le touret sur la dérouleuse.

Laisser deux agents pour porter et rouler la dérouleuse.

Placer un agent avec la botte de fil de bronze 15/10 qui avancera en même temps que la dérouleuse.

Monter en avant de la cosse (ou de la poulie) l'étau CA - 55 *bis* et faire tenir par un agent de l'équipe souterraine.

Le personnel est réparti, en principe, de la façon suivante :

2 agents (aérien) pour la dérouleuse ;

un agent (aérien) pour le fil de bronze de 15/10 ;

un agent (aérien) pour l'approvisionnement progressif en colliers de suspension et pour passer le fil de bronze dans les colliers ;

3 groupes de deux agents (aérien)pour la mise en place des colliers et leur sertissage ;

4 ou 6 agents (aérien) pour la mise en place des échelles, le montage du câble porteur sur les appuis et la fixation des grips de retenue ;

3 agents (souterrain) pour la manœuvre des étaux (CA-55 *bis*) ;

un chef d'équipe ou de groupe (aérien) pour la surveillance de la mise en place des anneaux et les déplacements des étaux (CA-55 *bis*) et la bonne passation du fil de bronze dans les colliers.

Le deuxième chef d'équipe s'occupe spécialement des opérations de montage du câble porteur sur les appuis, la manœuvre des échelles et, surtout, il vérifie que les anneaux sont tous orientés dans un même plan et qu'il n'y a pas de rotation du fil de 15/10 servant d'aiguille, autour du câble porteur.

Eventuellement, muni d'une perche de bambou, il rectifie la position des anneaux.

Le montage s'effectue depuis l'appui tête de ligne de départ

vers l'autre appui tête de ligne. Le travail s'exécute de la façon suivante :

Approvisionner le chantier en tas de 50 anneaux tous les 25 mètres. Pendant ce temps, le touret, après avoir été déballé, est monté sur la dérouleuse auprès de l'appui de départ.

Un étau est fixé sur le câble porteur auprès de la cosse. On déroule alors simultanément le câble porteur et le fil de bronze (qui doit servir d'aiguille).

Après environ 10 m de déroulage, on fixe un 2e étau ; le câble est ainsi tenu à environ 1 m du sol (le câble porteur ne doit jamais traîner sur le sol).

L'agent d'approvisionnement enfile le fil de bronze dans les colliers en avant des groupes chargés de les fixer.

Les équipes de fixation mettent en place les colliers.

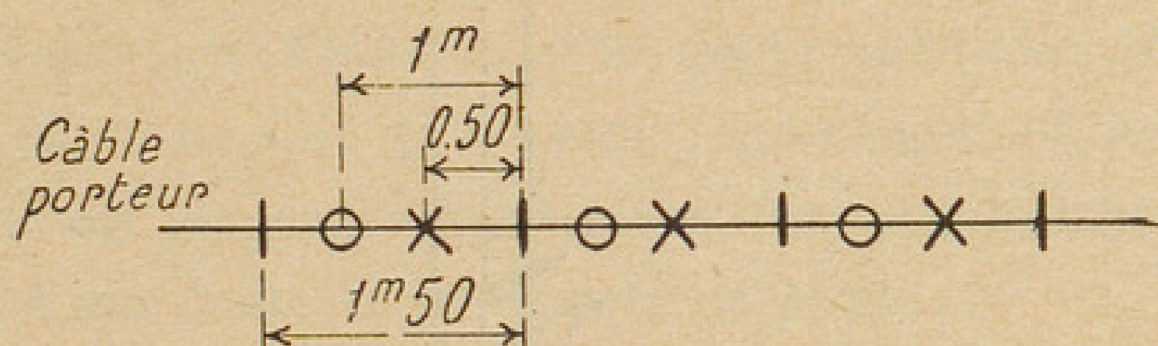


Fig. 14.

Un 1er groupe, muni de la jauge de 1 m 50, place des anneaux tous les 1 m 50 et travaille environ 3 m avant le deuxième groupe. Ce dernier, muni de la jauge de 1 m, place un collier à 1 mètre des colliers précédents et travaille lui-même environ 3 m avant le 3e groupe qui, muni de la jauge de 0 m 50, place un collier à 0 m 50 des autres.

Le croquis représenté sur la figure 14 précise ce travail.

I colliers placés par le 1er groupe.

O colliers placés par le 2e groupe.

X colliers placés par le 3e groupe.

Eventuellement le 1er groupe peut être supprimé si le travail peut être conduit moins rapidement.

Le 3e étau est mis en place à environ 10 mètres en avant du 2e.

Lorsque les anneaux sont fixés sur une longueur de 15 à 20 mè-

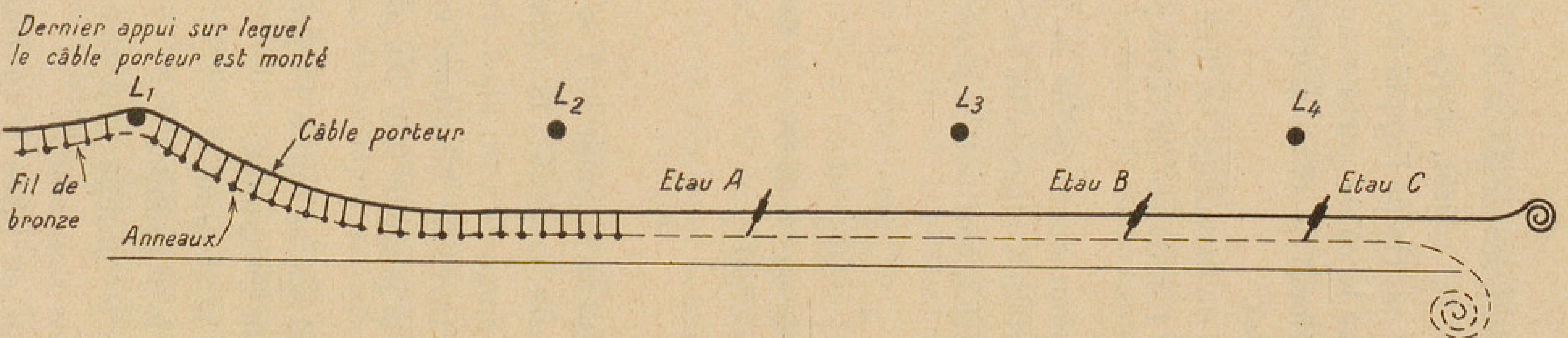

Dernier appui sur lequel
le câble porteur est monté
L_1
Câble porteur
L_2
L_3
L_4
Fil de
bronze
Anneaux
Etau A
Etau B
Etau C

Fig. 15.

tres à partir du début, la cosse d'extrémité du porteur est levée et mise en place sur l'appui. Les deux premiers étaux sont alors desserrés et disponibles pour être utilisés avec le 1er, de façon telle que le câble ne puisse tourner sur lui-même ou traîner sur le sol.

Cette manœuvre de déplacement périodique des étaux en liaison avec le déroulement du porteur, se combine très simplement.

Le processus pour monter le câble est alors toujours le même, quel que soit le rang de l'appui.

Une longueur d'environ 3 portées (60 mètres) étant munie de ses colliers en avant du dernier appui sur lequel le câble porteur a été monté, les étaux doivent occuper à peu près la position du plan représenté sur la figure 15.

Un agent prend le câble à la main sous l'appui L2 et monte à l'échelle en faisant glisser les anneaux au fur et à mesure du déplacement horizontal du câble.

L'agent qui tient l'étau A en se déplaçant judicieusement per met que le câble ne soit qu'à peine tendu pendant sa montée.

Le câble est provisoirement placé dans son crochet de suspen sion, l'étau A est desserré et reporté en avant.

2e opération. Réglage provisoire de la tension. — Tous les 4 appuis au maximum et en plus, sur les appuis à tirage réduit, t_{10} dépassant 0 m 50, il est procédé au réglage provisoire de la tension et à l'arrêt provisoire du câble porteur.

Il est procédé de la façon suivante :

La fixation des anneaux est interrompue.

Un agent monte sur chacun des appuis compris dans la longueur à régler ; les autres, à l'exception de ceux qui tiennent la dérouleuse, le fil de bronze et les deux étaux, tendent à la main le câble porteur.

Les agents placés sur les appuis font sauter le câble au moment du passage des colliers à hauteur du crochet de suspension.

Cette opération doit être faite lentement.

Le chef d'équipe surveille les agents montés sur les appuis pour pouvoir faire arrêter instantanément le tirage.

Lorsque la tension est suffisante, l'agent placé sur l'appui le

plus en avant de la portion à régler accroche le grip de retenue vers le point de départ et fixe l'autre extrémité du grip à la ferrure de suspension (fig. 16).

Il n'est utilisé que trois grips, le grip le plus en arrière étant démonté dès que les deux plus en avant sont en place.

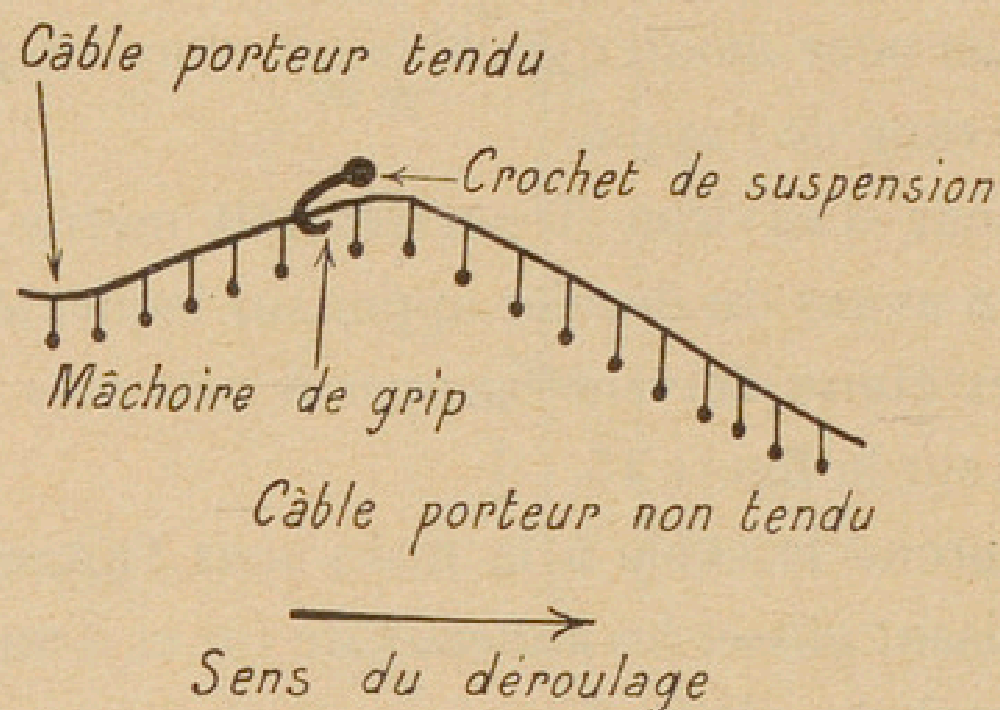


Fig. 16.

En procédant ainsi de proche en proche, on arrive à la dernière portée.

Le déroulage dans cette dernière portée est à exécuter de façon spéciale, afin de réaliser la situation du schéma représenté sur la

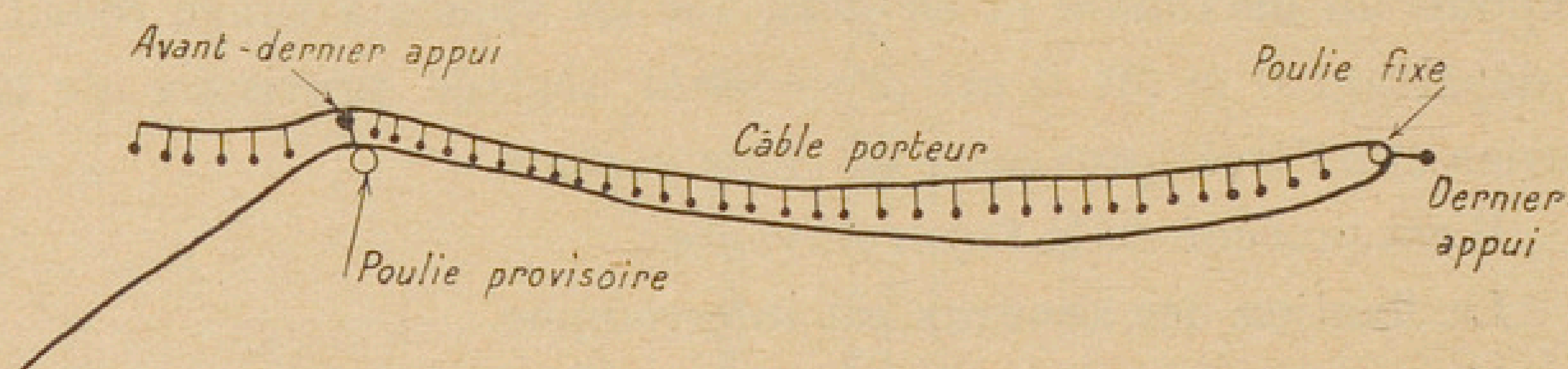


Fig. 17.

figure 17, qui permettra ultérieurement le réglage de la tension et la fixation définitive du câble porteur sur le dernier appui.

Lorsque la dérouleuse est arrivée à hauteur de l'avant-dernier appui, le câble porteur est déroulé en boucle de la longueur convenable suivant les indications du schéma représenté sur la figure 18.

Des étaux tiennent le câble en A et B, les colliers sont alors fixés.

Il est procédé au montage du câble porteur sur l'avant-dernier

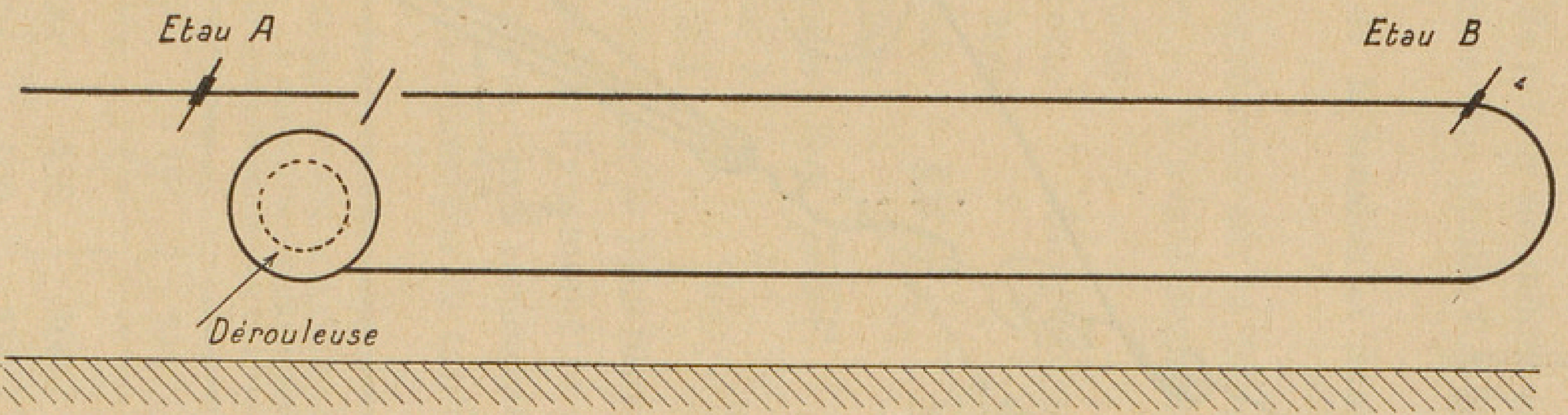


Fig. 18.

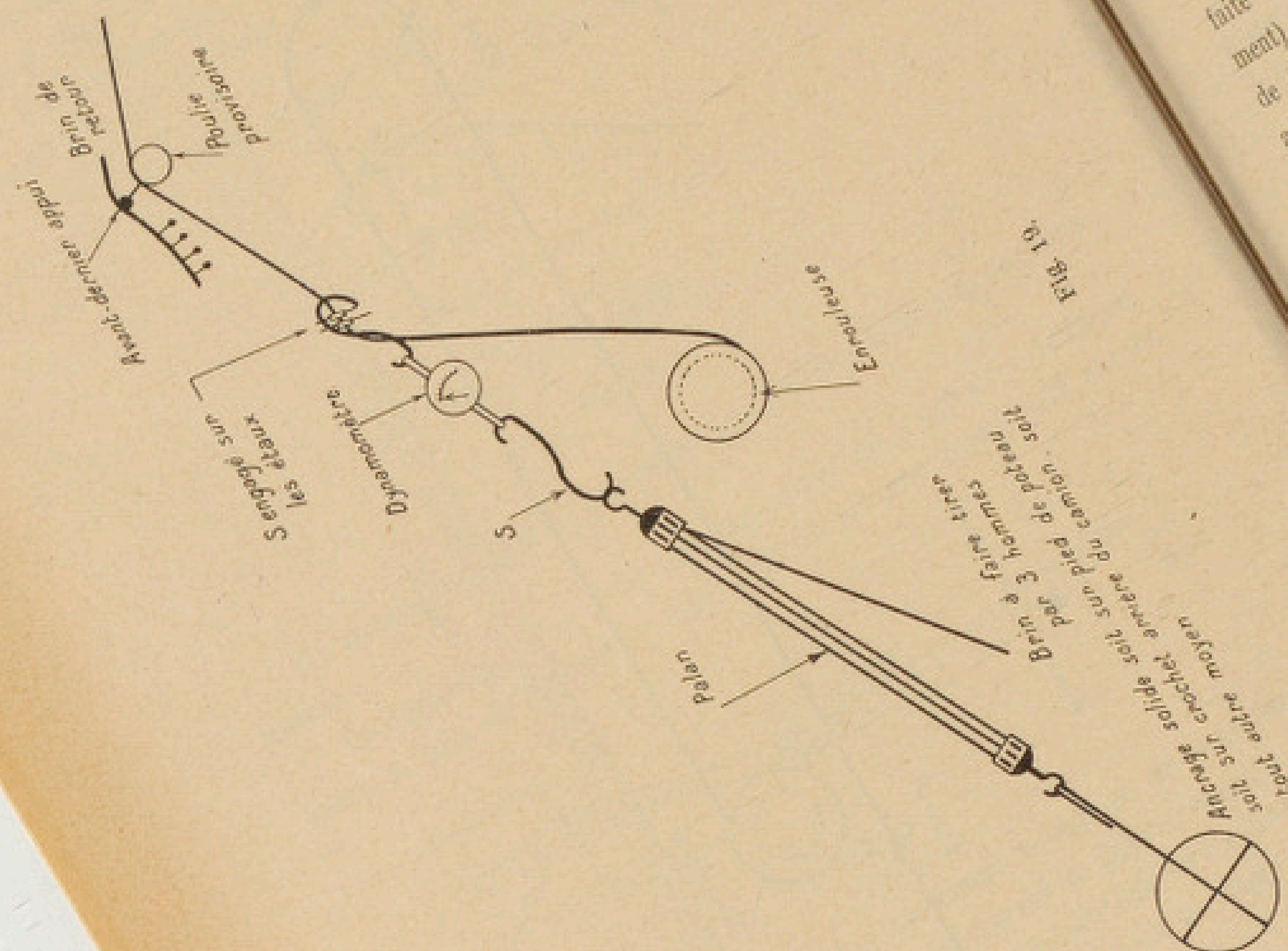


Fig. 19.

appui dans
tension et g
La bou
installée sur
En mêr
appui pour

3e opér
câble porte
On réa
Précau
consolidé
et dans le
dernière co
faite à ti
ment). Au
de la ten
appui est
un effort
Les tr
ce que la
100 kg à c
ment la te

CABLE téléphoniq à poser
28 pair
56 pair
112 pair

A ce
placés sur
câbles.

appui dans les conditions habituelles, avec réglage provisoire de la tension et grip de retenue, puis sur le dernier appui.

La boucle du câble porteur est engagée dans la poulie fixe installée suivant les directives du chapitre précédent.

En même temps le brin de retour est monté sur l'avant-dernier appui pour y être engagé dans une poulie CA-58.

3e opération. Réglage de la tension et fixation définitive du câble porteur.

On réalise le montage représenté sur la figure 19.

Précaution fondamentale. — L'avant-dernier appui doit être consolidé dans le sens vertical et dans le sens horizontal (cette dernière consolidation peut être faite à titre provisoire seulement). Au moment du réglage de la tension l'avant-dernier appui est en effet soumis à un effort important (fig. 20).

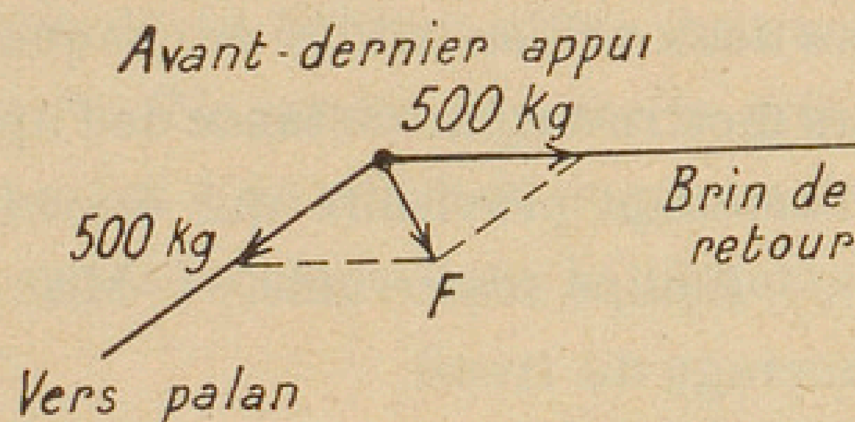


Fig. 20.

Les trois agents tirent alors sur le brin libre du palan jusqu'à ce que la tension indiquée par le dynamomètre soit supérieure de 100 kg à celle du tableau ci-après ; puis ramènent très progressivement la tension à la valeur indiquée par ce tableau.

CABLE téléphonique à poser.	TENSION EN KILOGRAMMES à obtenir au dynamomètre pour des températures extérieures de :					
	0°	5°	10°	15°	20°	25°
28 paires..	550	500	450	400	350	300
56 paires..	500	450	400	350	300	250
112 paires..	400	350	300	250	200	150

A ce moment, le palan est maintenu invariable, et deux agents placés sur le dernier appui procèdent à la mise des agrafes serre-câbles.

Les agrafes une fois serrées, le palan est lâché progressivement en s'assurant qu'aucun glissement ne se produit. Puis le brin de retour est scié 30 cm après les agrafes de fixation (c'est sur ce brin libre de 30 cm que sera soudée ultérieurement la prise de terre commune au câble porteur et au câble téléphonique).

D. 2. Tirage du câble téléphonique.

1. **Préparation du travail.** — *Equipe aérienne.* — Mise en place des poulies CA-53 et CA-54 à tous les appuis. Les poulies CA-54 beaucoup plus pratiques que les CA-53 sont utilisées pour tous les appuis d'angle ou correspondant à une dénivellation.

Les agents qui placent les poulies en profitent pour faire glisser les deux colliers situés de chaque côté au voisinage de l'appui, pour les mettre à égale distance de l'appui, et retirer les 2 grips de retenue d'arrêtage provisoire qui étaient restés sur les derniers appuis.

Equipe souterraine. — Mise du treuil en position de tirage et ancrage du treuil.

Mise en chantier de la bobine de câble.

Fixation du grip de tirage à l'extrémité du câble téléphonique.

Raccordement de l'obus universel d'une part sur le fil de bronze de 15/10, et d'autre part sur l'extrémité du câble tracteur.

Mise en place d'une poulie d'engagement sur le dernier appui, côté de la bobine de câble dans laquelle est engagé d'abord le fil de bronze, puis le câble tracteur, et enfin le câble téléphonique.

2. **Tirage du câble tracteur.** — Deux agents enroulent le fil de bronze servant d'aiguille sur leur enrouleuse, ce qui provoque le tirage du câble tracteur qui, progressivement, prend la place du fil de bronze.

Le chef d'équipe suit l'obus universel dans son passage successif dans les colliers, s'assure que l'obus s'engage bien dans les poulies, et que la poulie tourne bien sous l'action du câble tracteur, ce qui est signe de sa bonne installation.

Si quelque chose d'anormal se produit, au moyen de signaux conventionnels, soit avec drapeaux, soit avec sifflet, le chef d'équipe provoque l'arrêt immédiat du tirage.

Pendant le tirage du tracteur, le treuil avait été mis en roue libre et les deux agents chargés de surveiller le déroulage sont prêts à arrêter le déroulage si le chef d'équipe commande l'arrêt.

Le câble tracteur étant arrivé à l'extrémité, on démonte la moitié d'obus correspondant au fil de bronze et la moitié attenante au câble tracteur est fixée à l'extrémité du grip monté sur le câble téléphonique.

3. Tirage du câble téléphonique. — Le treuil est mis en grande vitesse. Quatre agents sont préposés à sa manœuvre.

Le chef d'équipe souterrain surveille le déroulage de la bobine. Avec lui sont: deux agents, pour guider le câble et arrêter instantanément sur commande le déroulage de la bobine, et un homme, pour graisser le câble téléphonique (1). (Ne jamais graisser le grip).

Le chef d'équipe souterrain est muni d'un sifflet ou de panneaux pour ordonner l'arrêt du tirage en cas d'incident dans le déroulage de la bobine.

Au signal donné, le treuil est mis en mouvement et le chef d'équipe aérien suit l'obus pour commander l'arrêt immédiat du tirage au moindre incident.

Le chef de groupe fait monter, sur l'appui vers lequel s'avance le câble téléphonique, un agent qui sera chargé de guider l'obus et le câble téléphonique au moment de leur passage. Eventuellement, il oriente convenablement la poulie, et après avoir demandé l'arrêt du tirage, il déplace légèrement la hauteur de fixation de la poulie, de façon à ce que le câble téléphonique ne se pose pas sur le premier collier de chaque côté de l'appui.

De proche en proche, le câble téléphonique arrive au dernier appui qui a été muni également d'une poulie.

La longueur nécessaire aux travaux de division et de raccordement est tirée en plus. Le tirage est alors arrêté.

L'équipe souterraine procède au sciage du câble côté bobine à son obturation. Démontage de l'obus et du grip. Fixation provisoire

---

1. Lors des derniers travaux, le graissage du câble téléphonique a été supprimé sans inconvénients.

convenable des brins mous à chaque extrémité. Arrêtage du câble restant sur la bobine. Démontage du matériel, etc...

L'équipe aérienne monte à tous les appuis pour démonter les poulies, arrêter le câble porteur à chaque appui, mettre en place les garnitures de plomb. Elle procède ensuite à la récupération et à l'inventaire du matériel de consommation et de l'outillage de pose.

Le travail de pose du câble téléphonique en aérien est alors terminé et les travaux restants (montage des points de concentration, raccordement des câbles) sont des travaux habituels qui ont lieu ultérieurement.

E. Questions diverses.

E. 1. — **Temps de pose.** — a) *sur appuis non existants.* — Pour une longueur de 300 m comportant 14 appuis en façade et deux appuis sur poteaux (portée moyenne : 20 m), il faut compter :

Deux journées d'équipe aérienne (un chef d'équipe et 8 agents), pour la préparation du travail : travail habituel des agents des lignes ;

Une journée de 8 h. complète pour le jour du tirage pour le chef d'équipe, le chef de groupe et les 14 à 16 agents du service aérien, le chef d'équipe et les 4 agents du service souterrain.

Les 8 heures se répartissent approximativement de la manière suivante :

Mise en route....................................	0 h 30
Montage du câble porteur	4 h
Réglage tension et fixation du câble porteur..........	0 h 45
Tirage du câble tracteur	0 h 30
Tirage du câble téléphonique	1 h
Arrêtage du porteur, ramassage du matériel, etc........	1 h 15

La préparation du travail a nécessité :

Une journée d'inspecteur technique,

Deux journées pour le conducteur des travaux aériens.

La surveillance du travail, le jour du tirage, demande :

une journée d'inspecteur technique,
une journée de conducteur de travaux souterrains.
une journée de conducteur de travaux aériens.

b) *sur appuis existants.* — La préparation du travail demande moins de temps mais le montage du câble porteur est plus long, de sorte qu'il faut compter que la journée de travail du jour de la pose, sera de 9 ou 10 heures, et la dépense globale sera sensiblement la même en main d'œuvre.

E. 2. **Prix de revient.**

Appuis : 14 appuis façade en moyenne à 50 fr.........	700	fr.
2 appuis sur poteau et socle en moyenne à 140 fr.	280	»
Câble porteur : 300 m à 0,80.....................	240	»
Colliers : 600 à 0,35............................	210	»
Garnitures de plomb : 32 à 1,25..................	40	»
Camion : 100 km à 2 fr..........................	200	»
Main d'œuvre : 40 journées à 51,50 en moyenne......	2.060	»
	3.730	»

ce qui représente un prix de revient total de 12 fr. 50 par mètre pour la pose du câble en aérien. (Si la proportion d'appuis poteaux avait été de 8, le prix aurait été de 14 fr. 50 environ).

Dans le cas d'un câble à poser dans un terrain donnant lieu à un minimum de réfection, il faut compter sur un prix de revient de 13 francs par mètre (en tenant compte du prix des rabais sur série de prix, de l'armature du câble et de la surveillance du travail).

Le câble téléphonique posé en aérien ne doit donc pas être utilisé dans le cas de terrain ne donnant pas lieu à réfection des surfaces.

Au contraire, dès que le revêtement est celui de chaussées ou de trottoirs en matériaux pavés, grés cérame, ciment, le prix de revient

est augmenté (rabais déduit) d'au moins 10 à 15 francs par mètre au minimum.

La pose en aérien du câble téléphonique constitue alors une économie très importante.

NOTA. — Dans la réalité, une équipe entraînée arrive à poser 500 m (et non 300 m) pour une journée de travail de 8 heures.

E. 3. Calcul de la tension à donner au câble porteur.

La tension du câble porteur en charge ne doit pas dépasser 20 kg par mm² dans les conditions les plus défavorables.

Les variations de la tension ont été calculées à partir de l'équation fondamentale :

$$\theta_1 + \frac{t}{\alpha E} - \frac{W\, a^2}{24\, \alpha\, t_1^2} = \theta_2 + \frac{t_2}{\alpha E} - \frac{W_2^2\, a^2}{24\, \alpha\, t_2^2}$$

α — coefficient de dilatation du métal = 0.011×10^{-3},

E — coefficient d'élasticité 20.000 kg/mm².

θ_1 — température en degré centigrade correspond à l'état I.

t_1 tension en kilog par mm², correspond à l'état 1.

W_1 — charge en kilogrammes par mètre de longueur et par mm² de section.

θ_2, t_2, W_2, — mêmes grandeurs pour l'état 2.

a — portée en mètres.

Cas du câble téléphonique à 28 paires.

a) *Passage du régime de réglage de la tension du câble porteur au régime du câble porteur supportant le câble téléphonique.* — On a :

$$\theta_1 = \theta_2$$

$$W_1 = \frac{0{,}4}{50} \qquad W_2 = \frac{2{,}2}{50}$$

a maximum = 24 m.

On trouve que pour :

t_1 = 8 kg/mm², soit tension totale = 400 kg,

t_2 = 13 kg/mm², soit tension totale = 650 kg.

b) *Passage du régime t_1 tension de pose du porteur à* 15° *à* t_1', t_1'', t_1''', *tension de pose du porteur à* 10°, 5°, 0°. — On trouve :

$$t'_1 = 9 \text{ kg/mm}^2, \text{ soit } T'_1 = 450 \text{ kg},$$
$$t''_1 = 10 \text{ kg/mm}^2, \text{ soit } T''_1 = 500 \text{ kg},$$
$$t'''_1 = 11 \text{ kg/mm}^2, \text{ soit } T'''_1 = 550 \text{ kg}.$$

c) *Variation de la tension t_2 en fonction de la température.* — On trouve pour :

$$\theta'_2 = -20°$$
$$t'_2 = 19 \text{ kg/mm}^2, \text{ soit } T'_2 = 950 \text{ kg}.$$

d) *Détermination de la flèche.* — La flèche est donnée par la formule : $f = \frac{a^2 P}{8 T}$.

P, poids au mètre linéaire.

C'est la valeur maximum de la flèche qui est importante.

On doit donc prendre a maximum, soit 24 m, et T minimum. Or, pour raison de sécurité, ci-dessus, c'est la valeur maximum de T qui a été déterminée.

En pratique T est donné par sa valeur pour une portée moyenne, puisque T est constant pour toute la section. T, pour portée de 20 m et $\theta = 15°$, est de 600 kg. On a donc :

$$f = \frac{24^2 \times 2,2}{8 \times 600} = 0 \text{ m } 265 \text{ environ.}$$

Pour une température de 35°,

$$T = 400 \text{ kg} \quad \text{et} \quad f = 0 \text{ m } 40.$$

Cette valeur est parfaitement admissible.

e) *Sécurité.* — On doit pouvoir placer sur le câble un petit chariot monté par un agent sans que les tensions dépassent des valeurs normales. Le poids du chariot et de l'homme est de l'ordre de 100 kg.

On trouve (en remplaçant, pour le calcul, la charge isolée de 100 kg placés au milieu de la portée par une charge uniformément répartie de 200 kg) que la tension initiale de 650 kg monte à 1150 kg.

Cette valeur est trop élevée. Pour la diminuer, il suffit de désarrêter le câble porteur sur les 2 appuis qui encadrent la portée intéressée. L'augmentation de tension joue alors dans les 2 portées adjacentes pour augmenter la longueur du câble porteur et le calcul approximatif montre que la tension ne monte plus que de 650 à 920 kg.

En désarrêtant 4 appuis (soit 5 portées), la tension ne monte plus qu'à 850 kg. Il est donc indispensable, si l'on doit utiliser le câble porteur, soit pour faire rouler un chariot, soit pour poser des échelles, de désarrêter le câble porteur au moins sur les deux appuis encadrant la portée intéressée.

* * *

ANNEXE.

MATÉRIEL CONSOMMABLE.

1. Câble porteur (n° CA - 1 de la nomenclature). — Le câble porteur est constitué par 6 + 1 torons de 3 mm (diamètre 9 mm). Il est en acier galvanisé présentant à la rupture une résistance de 70 à 80 kg par mm², soit 3.500 à 4.000 kg pour la section totale.

Section :	50 mm²
Poids au mètre :	0 kg 410
Prix approximatif :	0f,70 le mètre.

Ce câble est livré par bobines de 500 m au minimum .Si plusieurs longueurs de câbles à poser sont inférieures à 500 mètres, les additionner pour en faire une seule longueur supérieure à 500 mètres. Les divers tronçons sont pris sur la même bobine qui est transportée d'un chantier à un autre.

Le fournisseur livre le câble au-dessus de 500 m sans limitation de longueur ; cela permet d'éviter les épissures sur le câble porteur.

Pratiquement les longueurs de câbles à poser dans les réseaux dépassent rarement 1000 mètres. Une bobine de câble de cette longueur pèse 450 kg avec son touret. Elle peut être maniée par le personnel de l'équipe.

2. Collier de suspension court CA-3 (fig. 21). — La figure 22 indique le mode de fixation du collier sur le câble porteur. Le collier est d'abord posé à la manière d'un cavalier sur le câble porteur,

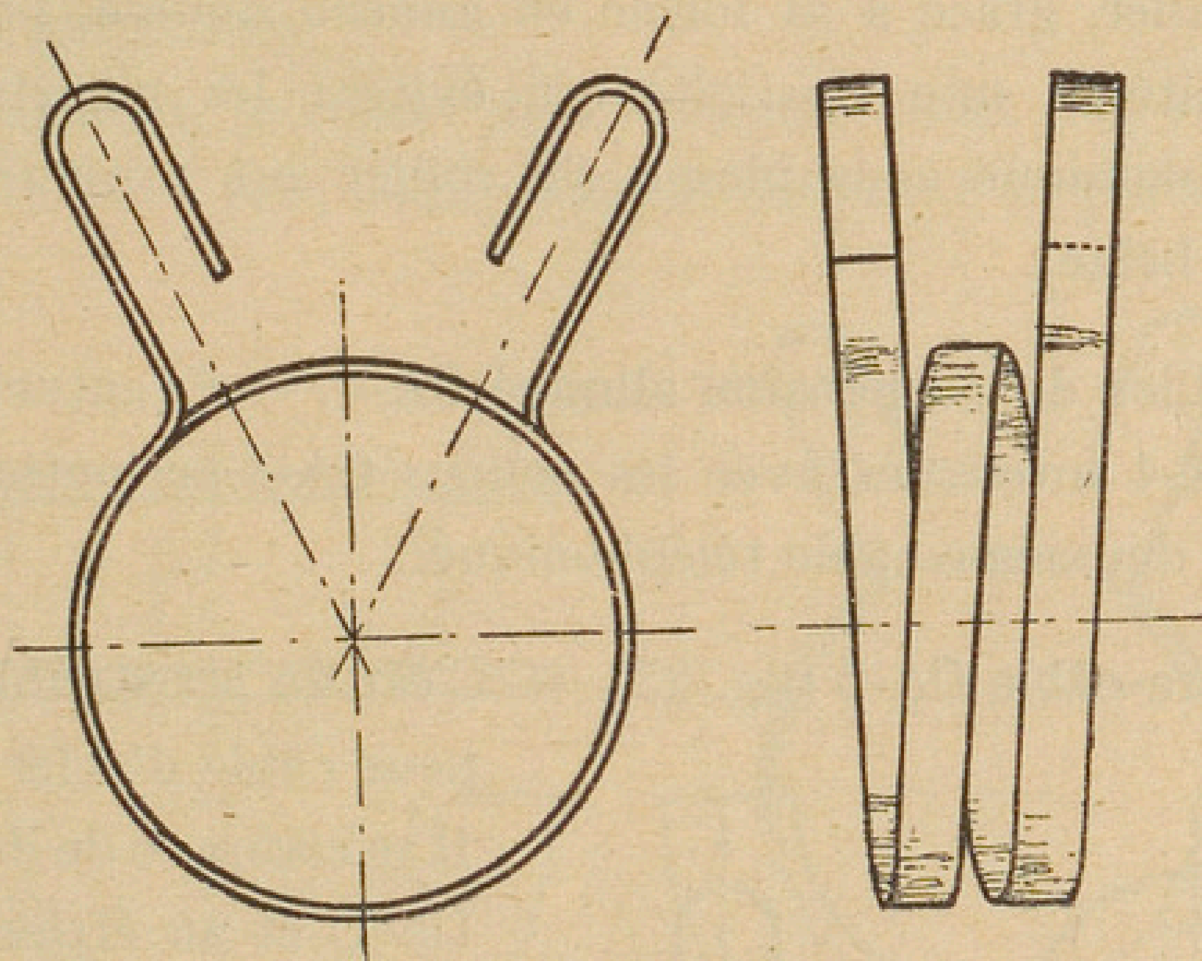


Fig. 21. — Collier pour suspension de câble en tôle galvanisée.

celui-ci étant engagé à fond dans les oreilles du collier, qui sont ensuite écrasées, grâce à une pince spéciale, sur le câble porteur de

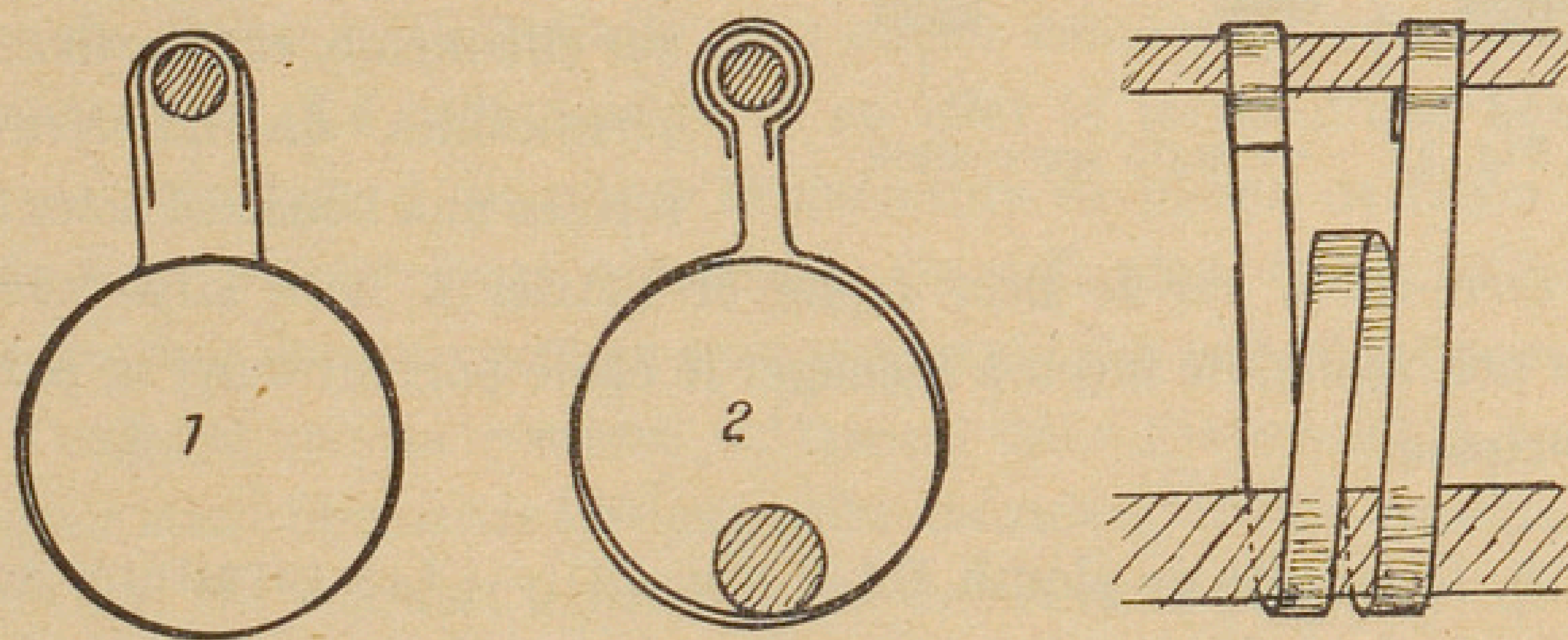


Fig. 22. — Fixation des colliers.

Posé sur le câble porteur :
1. Avant serrage
2. Après serrage et pose du câble téléphonique.

manière à en épouser la forme. Le frottement suffit à maintenir le collier en place dans le sens longitudinal. Mais le collier, moyennant un effort suffisant, peut tourner autour de ce câble et prendre autour de lui, grâce à l'élasticité du métal, six positions plus stables que les

autres positions et correspondant à la structure des six brins extérieurs du câble porteur. On peut, par un mouvement louvoyant, déplacer le collier le long du câble en le faisant tourner.

Le collier, grâce à sa forme en anneau double, présente une déformabilité et une élasticité qui évitent les meurtrissures du câble téléphonique sous plomb (le collier est presque conforme au modèle belge).

3. **Collier de suspension allongé CA-4.** — Eventuellement des colliers CA-4 intercalés avec les colliers CA-3 permettent de suspendre un deuxième câble téléphonique.

4. **Serre-câble CA-5** (fig. 23). — C'est un serre-câble ordinaire pour câble d'acier de 9 mm. Il se compose de deux pièces : Un U et un étrier de serrage à base large.

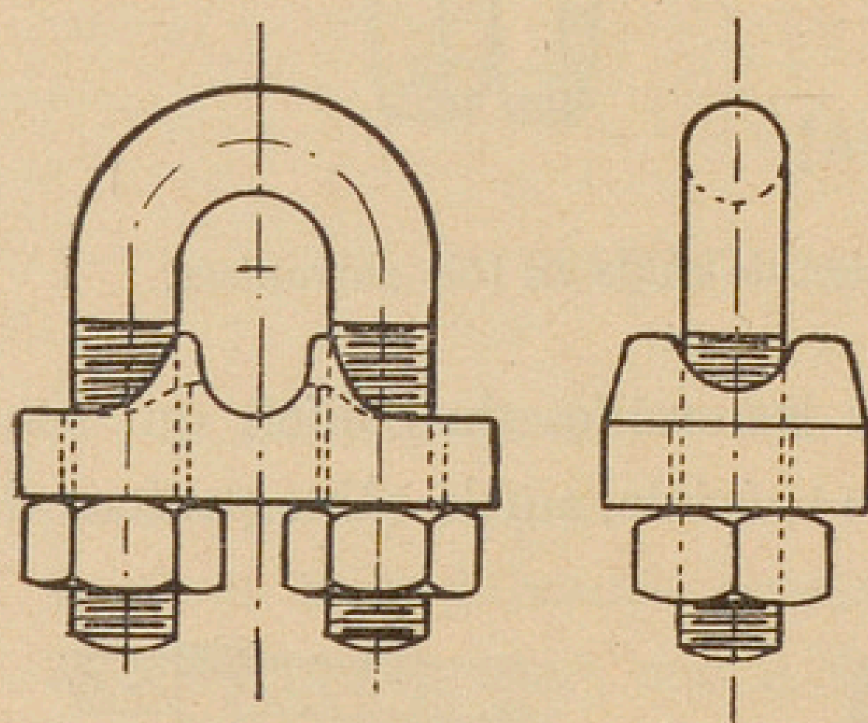


Fig. 23. — Agrafe serre-câble.

Position du serre-câble sur les têtes de ligne. — Pour effectuer un arrêt sur le câble porteur, on replie une extrémité sur elle-même, et l'on fixe les serre-câbles de manière à former une boucle. Placer l'U du serre-câble sur le brin replié et l'étrier à base large sur le brin non replié, de façon à ménager le câble porteur dans sa partie principale.

5. **Garniture de plomb CA-6** (fig. 24). — Ces garnitures sont posées sur les colliers galvanisés voisins de certains appuis. Ils évitent que les arêtes coupantes de ces colliers n'arrivent à entailler l'enveloppe de plomb du câble téléphonique.

On a remarqué, en effet, cet inconvénient qui se manifeste à la longue chaque fois que l'angle du raccordement est trop vif sur un appui déterminé. C'est le cas :

1° d'un appui en fort tirage ;

2° d'un appui séparant deux portées très longues.

On met à chaque appui ordinaire une garniture de plomb sur chacun des colliers voisins de l'appui ; à chaque appui en fort tirage ou séparant deux longues portées, une garniture de plomb sur chacun des deux colliers extrêmes (au total, quatre colliers à munir de la garniture).

Pratiquement, le collier de suspension étant fixé sur le câble porteur et le câble téléphonique lui-même étant en place, la garni-

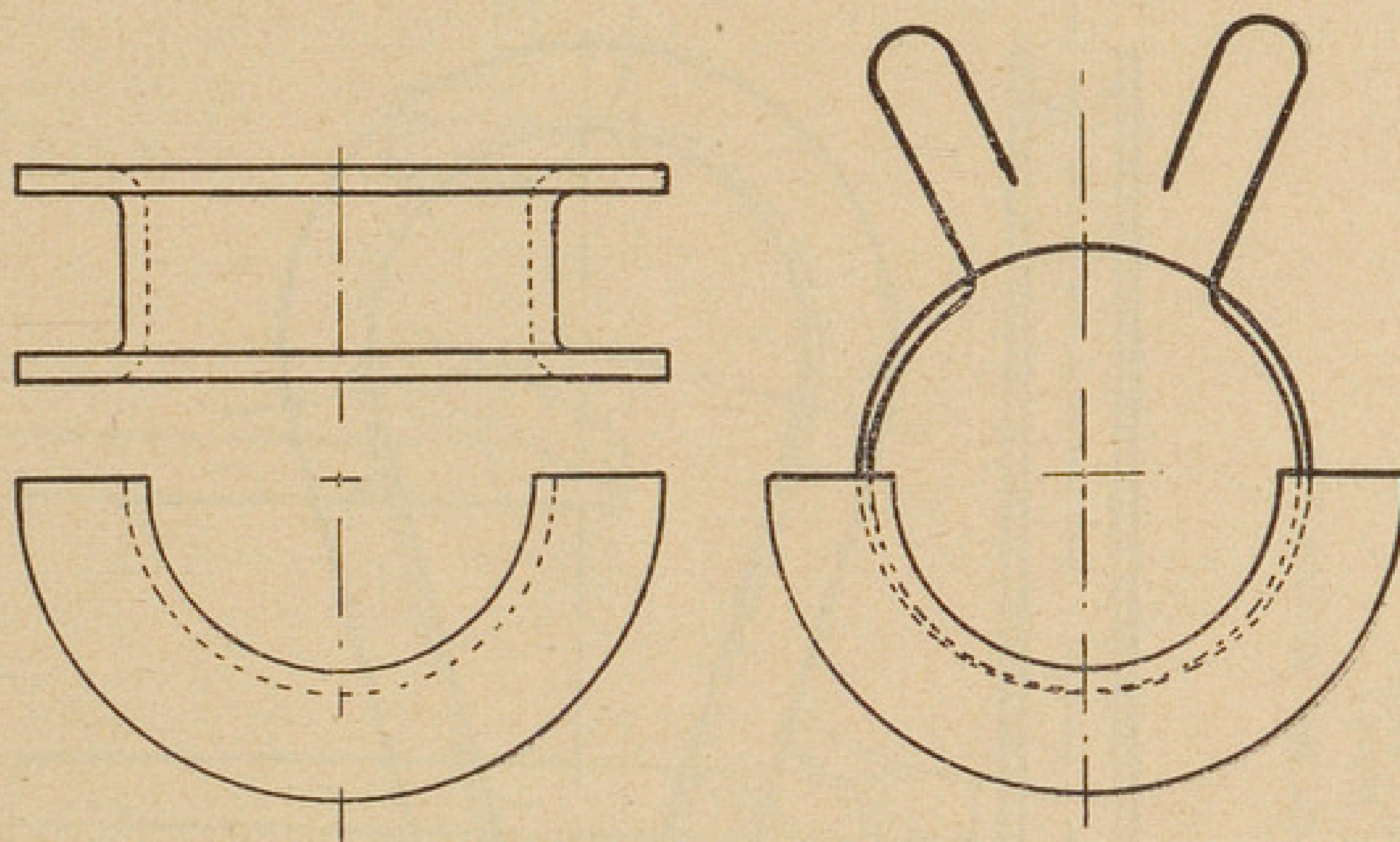


Fig. 24. — A gauche, garniture de plomb ; à droite, collier avec garniture.

ture de plomb est introduite sans aucun démontage sous le câble téléphonique. Le collier présente en effet la forme d'une hélice ; on place en regard du collier la garniture de plomb de façon que leurs axes géométriques coïncident. On voit alors qu'en tournant la garniture dans un certain sens autour de son axe, il est possible de l'engager par sa bordure extérieure dans l'intervalle à forme d'hélice laissé libre entre les deux spires du ruban de tôle constituant le collier. On poursuit le mouvement de rotation jusqu'à ce que la pièce soit en place.

6. Cosse CA-7 (fig. 25). — Sert dans la confection des têtes de ligne ne permettant pas le réglage de la tension. Le câble porteur est fixé comme sur une cosse ordinaire avec quatre serre-câbles espacés de quinze en quinze centimètres.

La cosse peut être enfilée soit sur une traverse de 35 mm,

soit sur une traverse de 45 mm, soit éventuellement sur une autre pièce de l'appui tête de ligne.

7. Crochet de suspension n° 1 CA-9 (fig. 26-1). — Ce crochet sert à suspendre le câble porteur et s'adapte sur traverse en tube carré de 45 mm avec bride 2/1 ou de 35 mm avec bride 2/2.

Le câble porteur sans tension peut s'introduire facilement

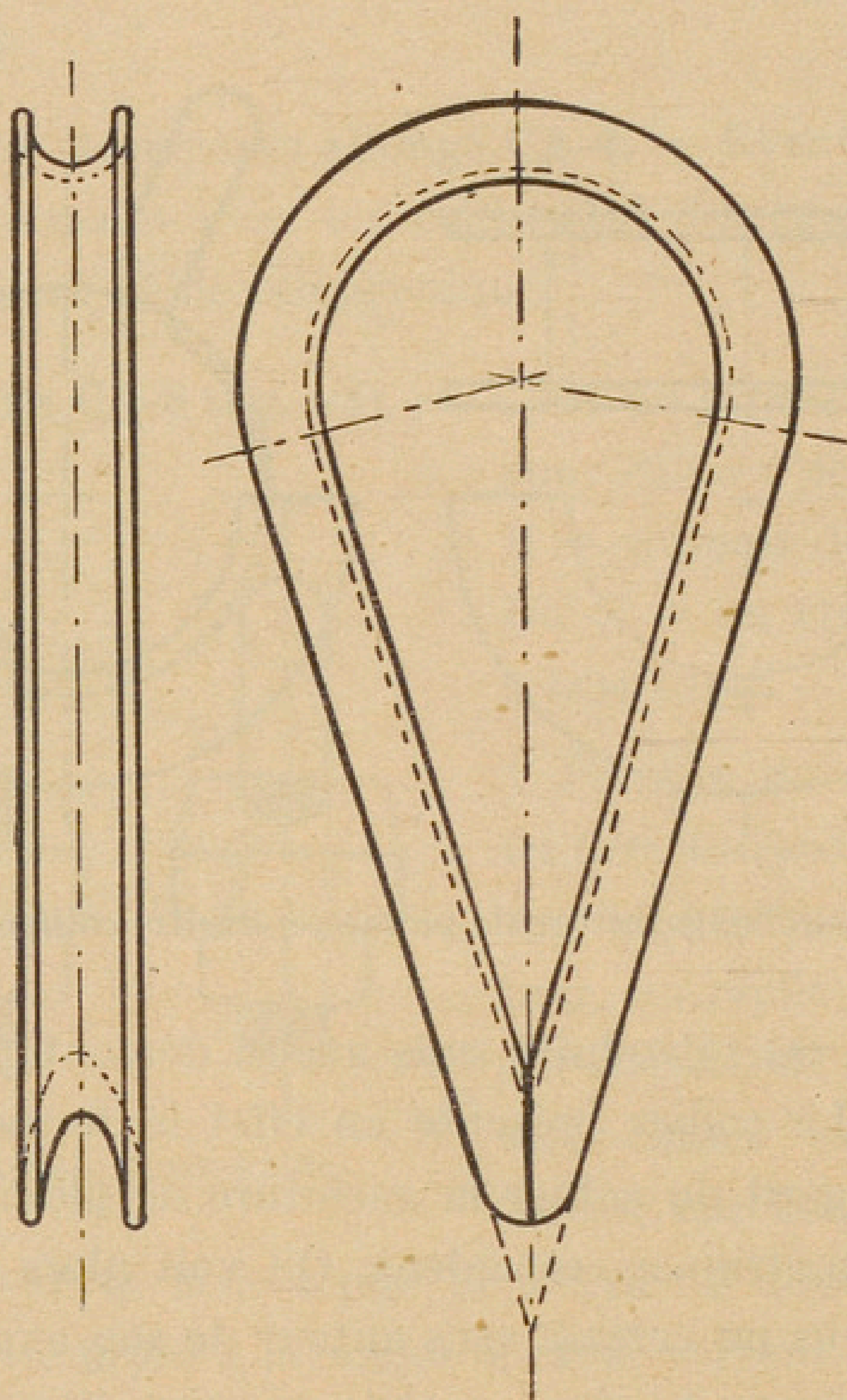


Fig. 25. — Cosse pour câble porteur de 9 mm.

dans ce crochet. Mais il n'est pas possible d'y introduire directement le câble tendu. Dans ce cas, il y a lieu de démonter le crochet de la traverse, de prendre à l'intérieur du crochet le câble porteur, de placer l'ensemble dans la position voulue, puis de serrer les brides définitivement.

8. Crochet de suspension n° 2 CA-10 (fig. 26-2). — Ce crochet sert à suspendre le câble porteur et s'adapte sur potelet vertical

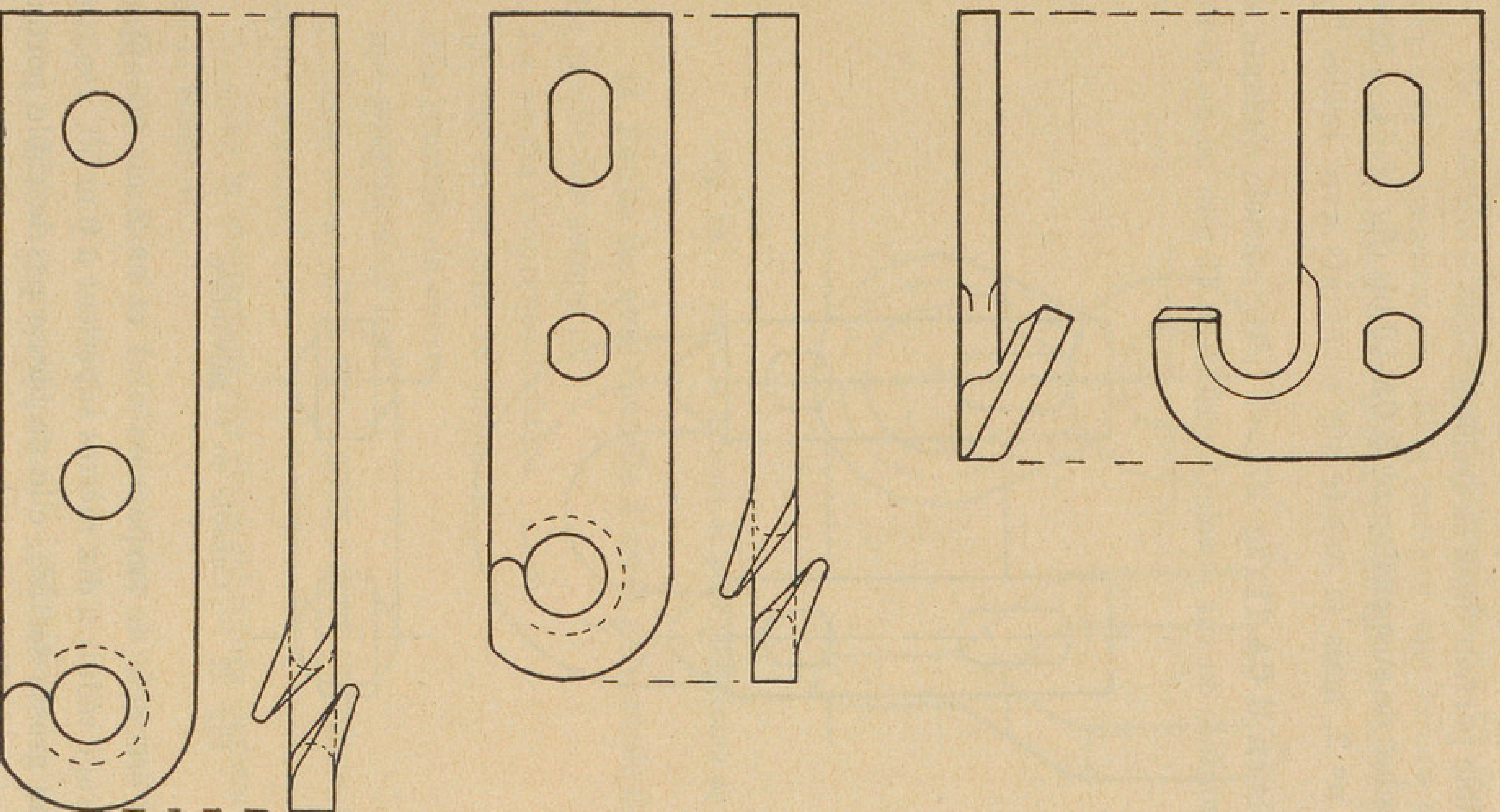


Fig. 26. — Crochets de suspension.

à droite, n° 1 CA-9 ;
au milieu, n° 2 CA-10 ;
à gauche, n° 3 CA-10 *bis*.

de 45 mm avec bride 2/1 ou de 35 mm avec bride 2/2. Même remarque qu'au paragraphe précédent en ce qui concerne l'introduction du câble porteur dans ce crochet.

8 bis. Crochet de suspension n° 3 CA-10 bis (fig. 26-3). — Même usage que le n° 2, mais se monte sur montants avec brides 2/3.

9. Console en U CA-11 (fig. 27). — Cette console s'adapte sur traverse horizontale ou sur potelet vertical de 45 mm ou de 35 mm

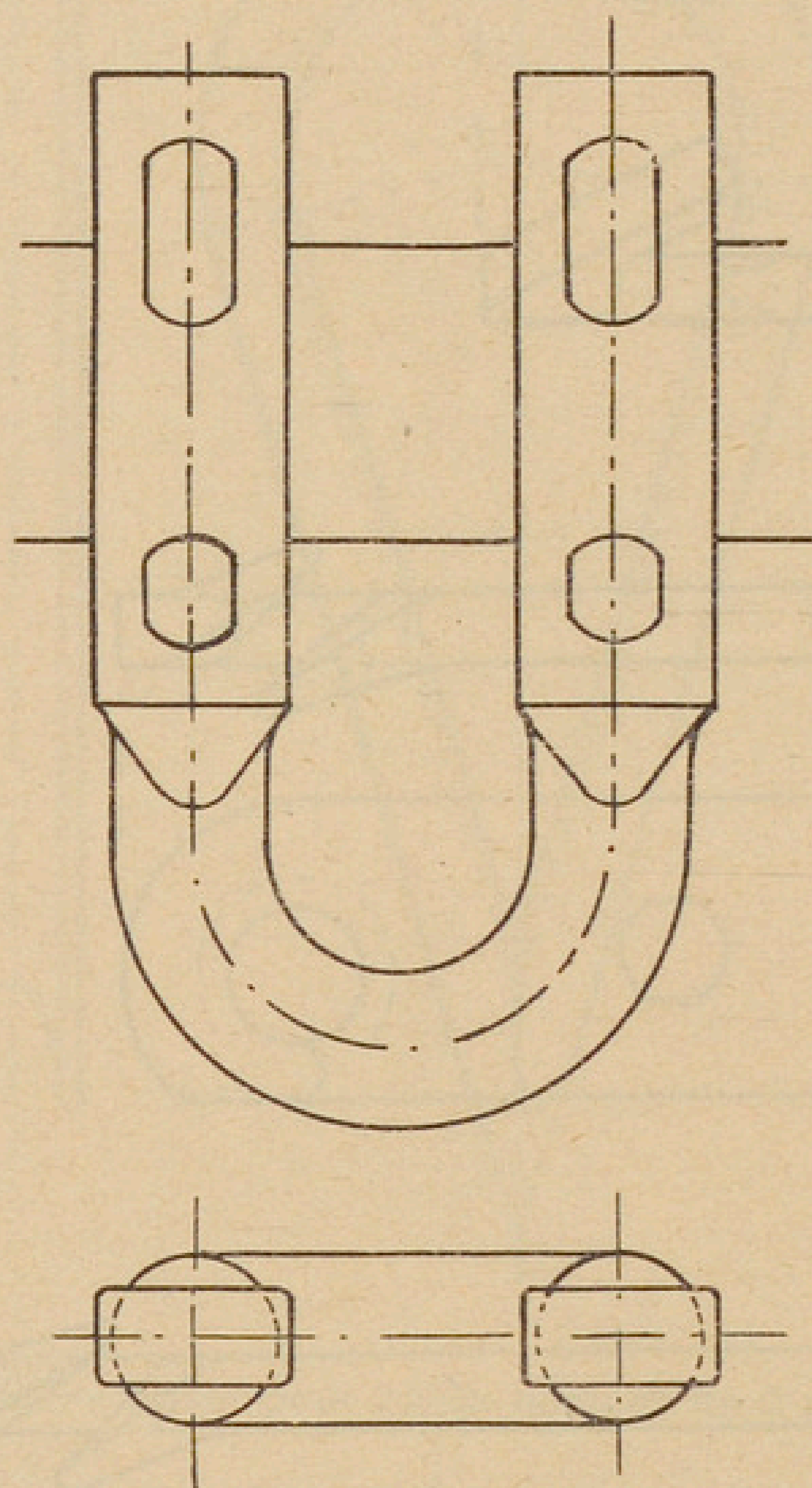


Fig. 27. — Console en U galvanisée.

à la place des crochets de suspension n° 1 et n° 2 sur les appuis soumis à un tirage réduit à dix mètres supérieur à 0 m 50.

Ayant une grosse section, elle ne blesse pas le câble porteur et ne risque pas de le laisser échapper même dans les plus forts tirages, car elle est fixée par ses deux extrémités. Elle ne peut être placée définitivement avant le câble porteur. Elle doit être montée en même temps que lui.

Lorsque le câble porteur est tendu, cette console devient très difficile à déplacer. L'emploi du moufle est alors indispensable.

10. Manille d'alignement galvanisée CA-12 (fig. 28). — Elle sert à la suspension du câble porteur sur poteau en alignement. Elle doit être installée en même temps que le câble porteur.

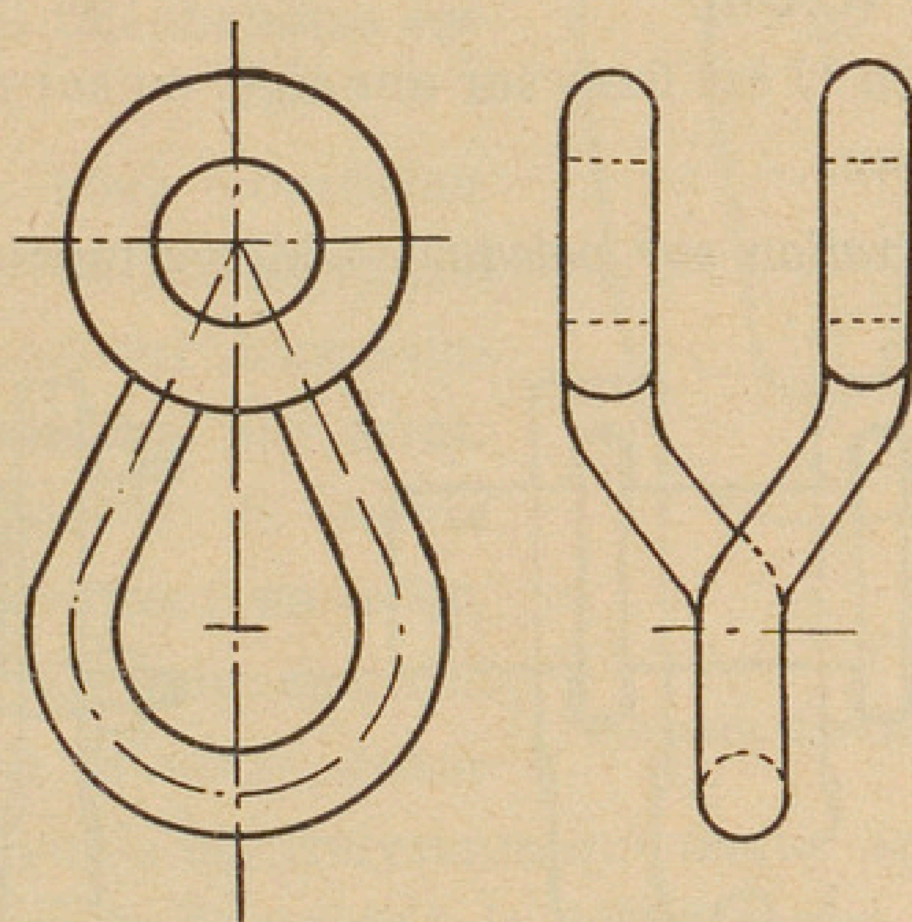


Fig. 28. — Manille galvanisée pour suspension de câble.

11. Poulie fer avec manille d'arrêt galvanisée CA-8 (fig. 29). — La poulie fer comprend :

La poulie proprement dite,
un axe de 20 mm de diamètre,
une rondelle de cuivre,
une goupille de 5 mm.

Cette pièce est utilisée pour l'arrêt du câble porteur sur un appui extrême :

A. dans la confection des têtes de lignes permettant le réglage de la tension ;

B. pour la fixation du câble porteur dans le cas d'appuis en fort tirage.

A1. Tête de ligne sur poteau. — Matériel nécessaire :
un collier modèle du matériel de consolidation des lignes ;
une manille d'arrêt,
une poulie fer (CA-8).

Passer le boulon du collier de consolidation dans la base de la manille. La poulie dans sa position définitive est dans un plan horizontal.

*A*2. *Tête de ligne sur façade.* — Matériel nécessaire :

une console en U (CA-11)
une manille d'arrêt,
une poulie fer (CA-8).

La console en U est fixée sur une tige, ou sur un potelet ou sur une jambe de force.

B. I. — *Fixation sur poteau.* — Même montage de la poulie

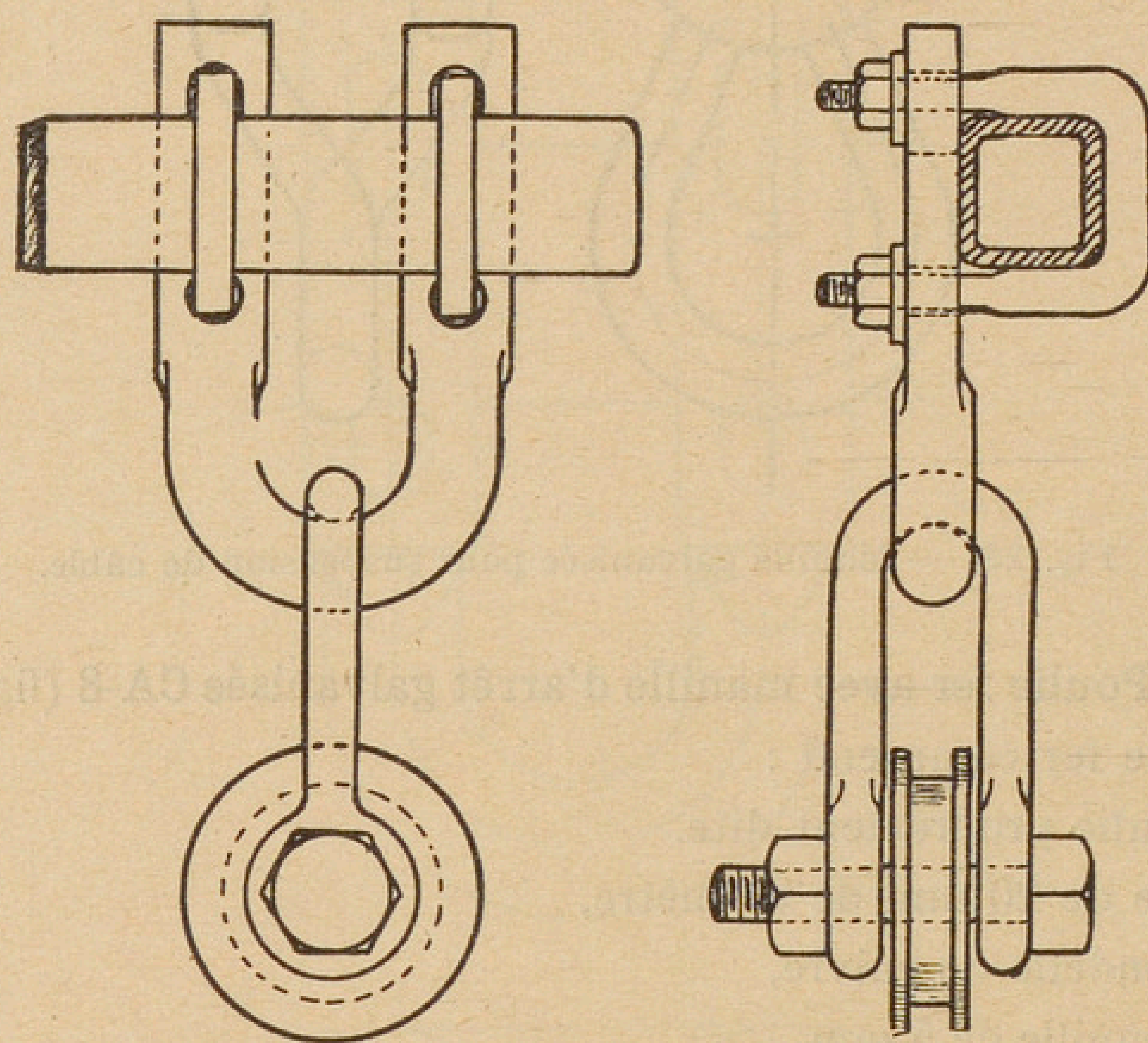


Fig. 29. — Poulie fer avec manille d'arrêt.

fer sur la manille d'arrêt que dans la tête de ligne sur poteau (paragraphe *A*1 ci-dessus).

Le câble porteur passe dans la gorge de la poulie. Celle-ci peut tourner autour de son axe. La manille d'arrêt se place d'elle-même dans la bissectrice de l'angle de raccordement.

B. 2. — *Fixation sur traverse horizontale ou sur potelet vertical.* — Matériel nécessaire :

une console en U (CA - 11),

une manille d'arrêt,
une poulie fer (CA-8),
un anneau d'orientation galvanisé CA-14](fig. 30).

12. Matériel non nomenclaturé. — 1. *Arrêt.* — Le câble porteur est arrêté sur les appuis ordinaires à la façon d'un fil téléphonique sur un isolateur.

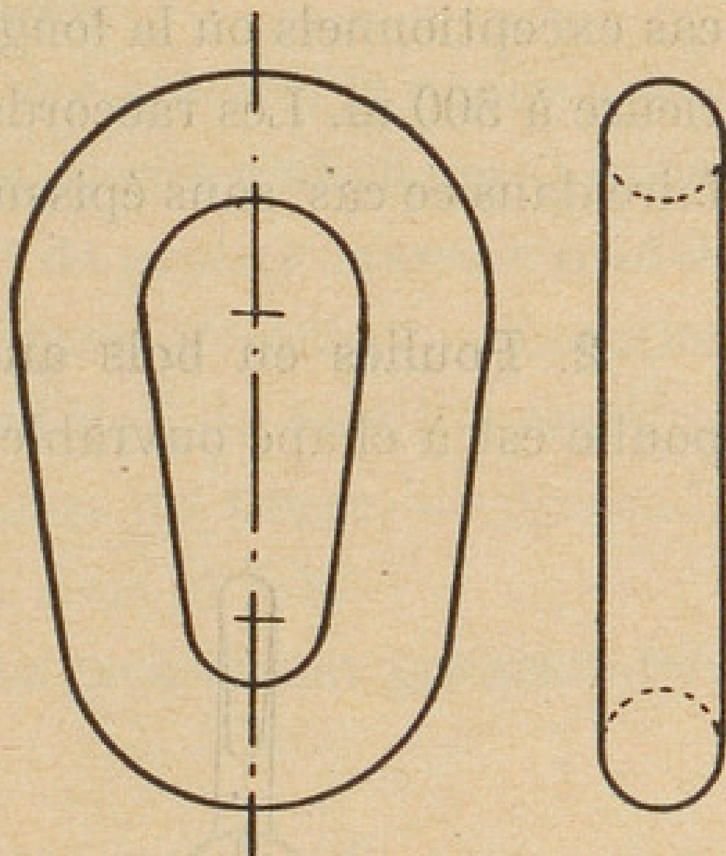


Fig. 30.
Anneau d'orientation galvanisé.

On emploie, pour constituer ces arrêts, du fi de fer galvanisé de 1 mm. La longueur nécessaire est d'environ un mètre par arrêt.

L'arrêtage par fil de cuivre recuit est à interdire ; en effet, le cuivre, en présence du zinc qui protège le câble d'acier, donne naissance à un couple électrolytique qui risque de provoquer à la longue, à la faveur de l'humidité, la détérioration de la galvanisation.

2. *Graisse consistante.* — La graisse consistante est utilisée pour le graissage du câble au départ et éventuellement en certains points ultérieurs du parcours.

OUTILLAGE.

1. Câble tracteur de 6 mm. CA-51. — Ce câble sert à tirer le câble téléphonique à travers les colliers. Il est en acier ordinaire galvanisé. L'acier à grande résistance serait moins souple.

Un câble composé d'un grand nombre de brins présenterait une grande souplesse. Mais il arrive souvent que des brins de la périphérie se rompent ; les extrémités de ces brins accrocheraient au passage les colliers galvanisés.

Le câble adopté présente les caractéristiques suivantes :
6 + 1 torons de 2 mm ;
résistance : 50 kg par mm², soit 1100 kg pour la section totale ;
section : 22 mm².

Une longueur de 500 mètres est placée à demeure sur le treuil réservé au tirage des câbles aériens. Il est intéressant de posséder en réserve une autre longueur de 500 m qui est à utiliser dans les cas exceptionnels où la longueur du tirage du câble aérien est supérieure à 500 m. Les raccords entre les 2 câbles tracteurs peuvent se faire dans ce cas, sans épissures, en utilisant l'obus universel.

2. Poulies en bois ancien modèle CA-53 (fig. 31). — Cette poulie est à chape ouvrable et munie de trois crochets qui permet-

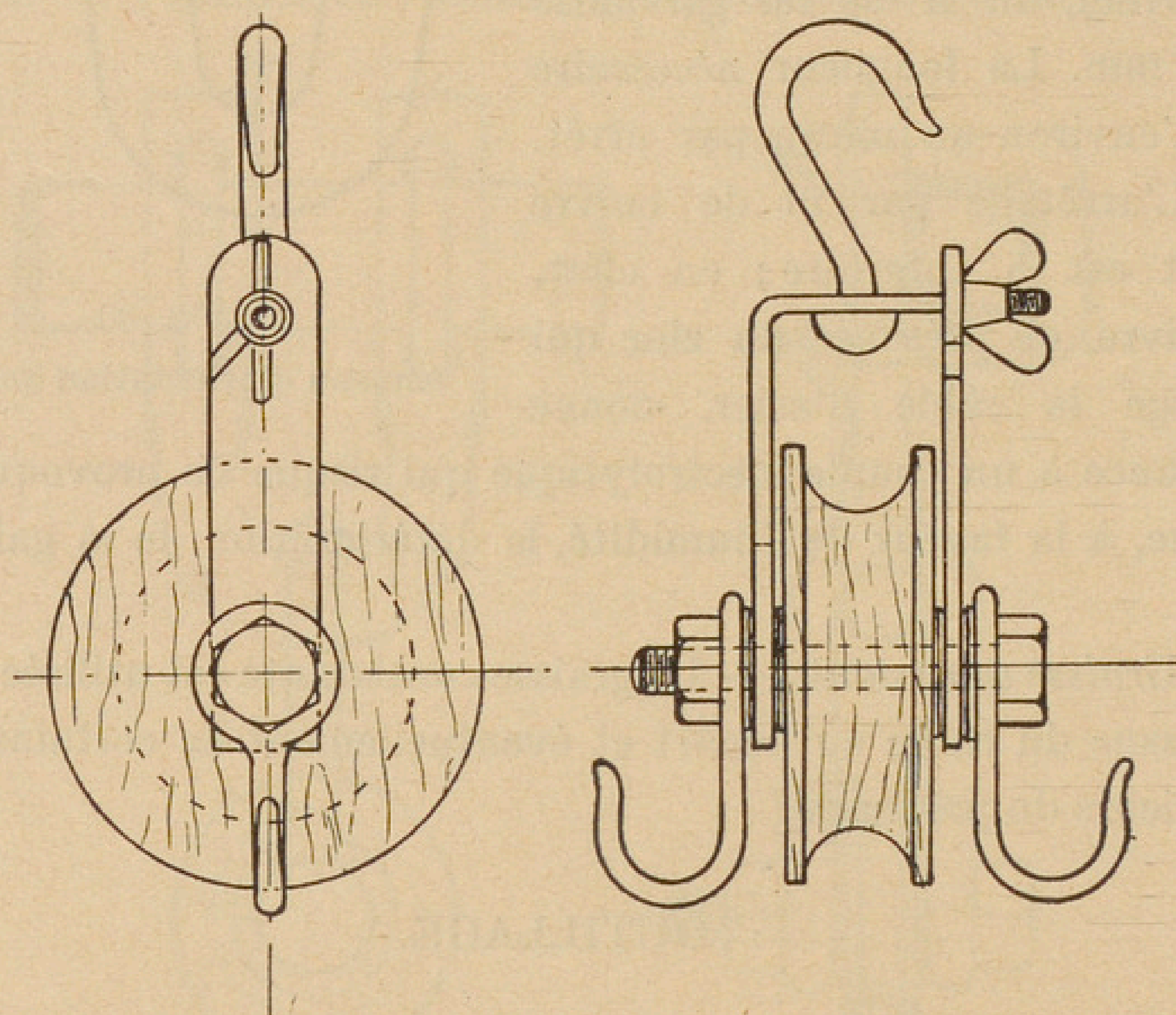


Fig. 31. — Poulie en bois à crochet (ancien modèle).

tent de la fixer dans une position quelconque; son poids est de 4 kg.

Rôle de la poulie en bois. — Si le câble téléphonique était tiré à travers les colliers sans précaution spéciale, il exercerait sur les colliers *a b c d* situés au voisinage immédiat de chaque appui, une pression considérable. Ces colliers, en admettant qu'ils ne cèdent pas complètement, ne manqueraient pas de créer des entailles profondes dans l'enveloppe de plomb du câble téléphonique.

La poulie en bois se place au niveau de l'appui du côté duquel arrive le câble téléphonique à une hauteur telle que le câble pas-

sant dans sa gorge, passe en même temps au milieu des colliers situés de part et d'autre.

On place aussi des poulies en bois à tous les endroits du parcours du câble où cela présente une utilité.

Une poulie nouveau modèle ayant été étudiée, la poulie ancien modèle est placée, en principe, à tous les appuis d'alignement quand on ne dispose pas d'un nombre suffisant de poulies nouveau modèle.

Elle se monte comme l'indique la figure. Prendre la précaution, lorsque le crochet supérieur n'est pas utilisé, de bien l'immobiliser par une ligature, sinon il risque, au cours du tirage, de descendre et de venir entamer par sa tête le câble sous plomb.

Les poulies en bois doivent être soigneusement graissées pour tourner librement sur leur axe.

3. Poulies en bois nouveau modèle CA-54 (fig. 32). — Cette poulie répond aux mêmes besoins que la précédente, mais sa hauteur

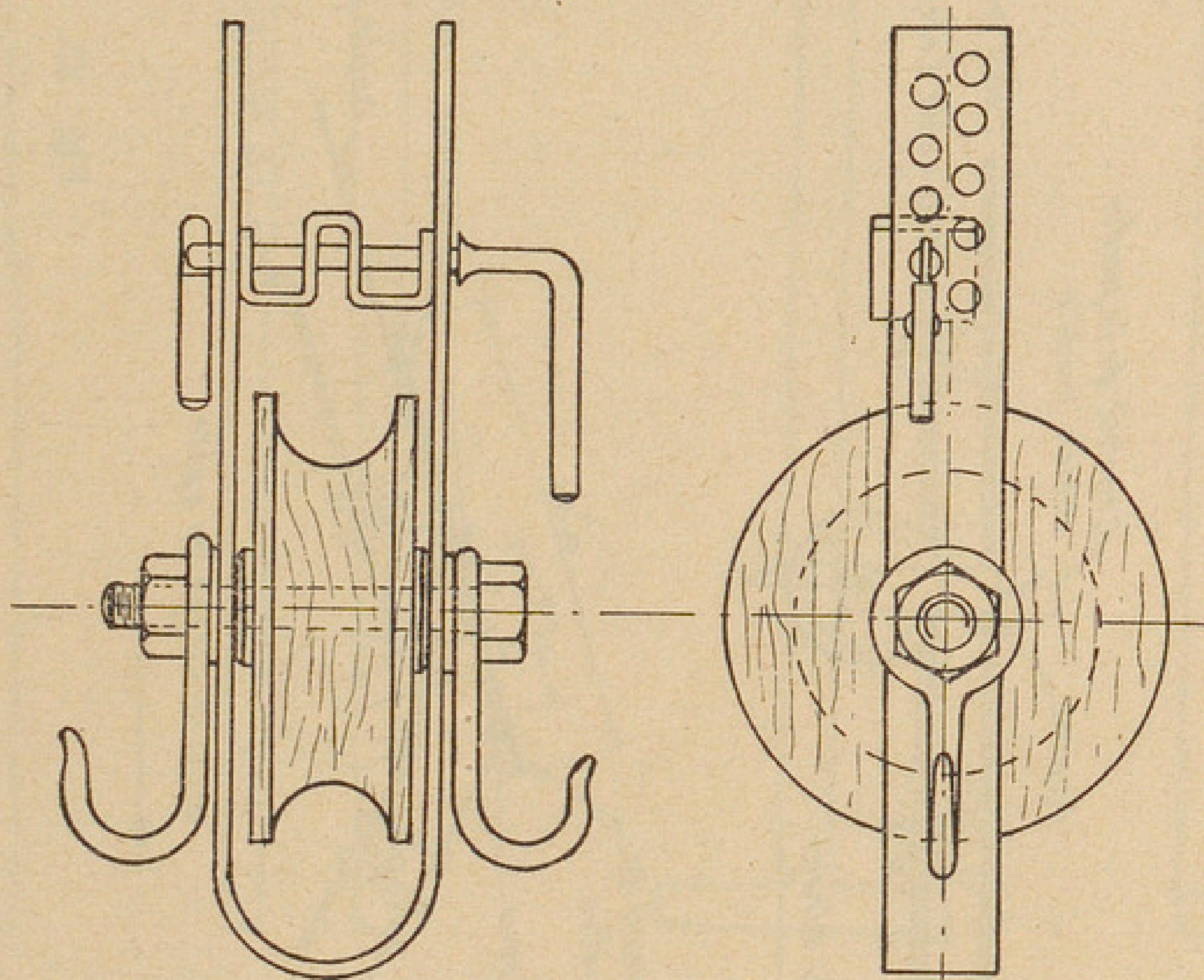


Fig. 32. — Poulie en bois à chape (nouveau modèle).

utile est réglable de centimètre en centimètre. Elle comprend :

une chape munie de 2 crochets,

un cavalier,

un axe à verrouillage.

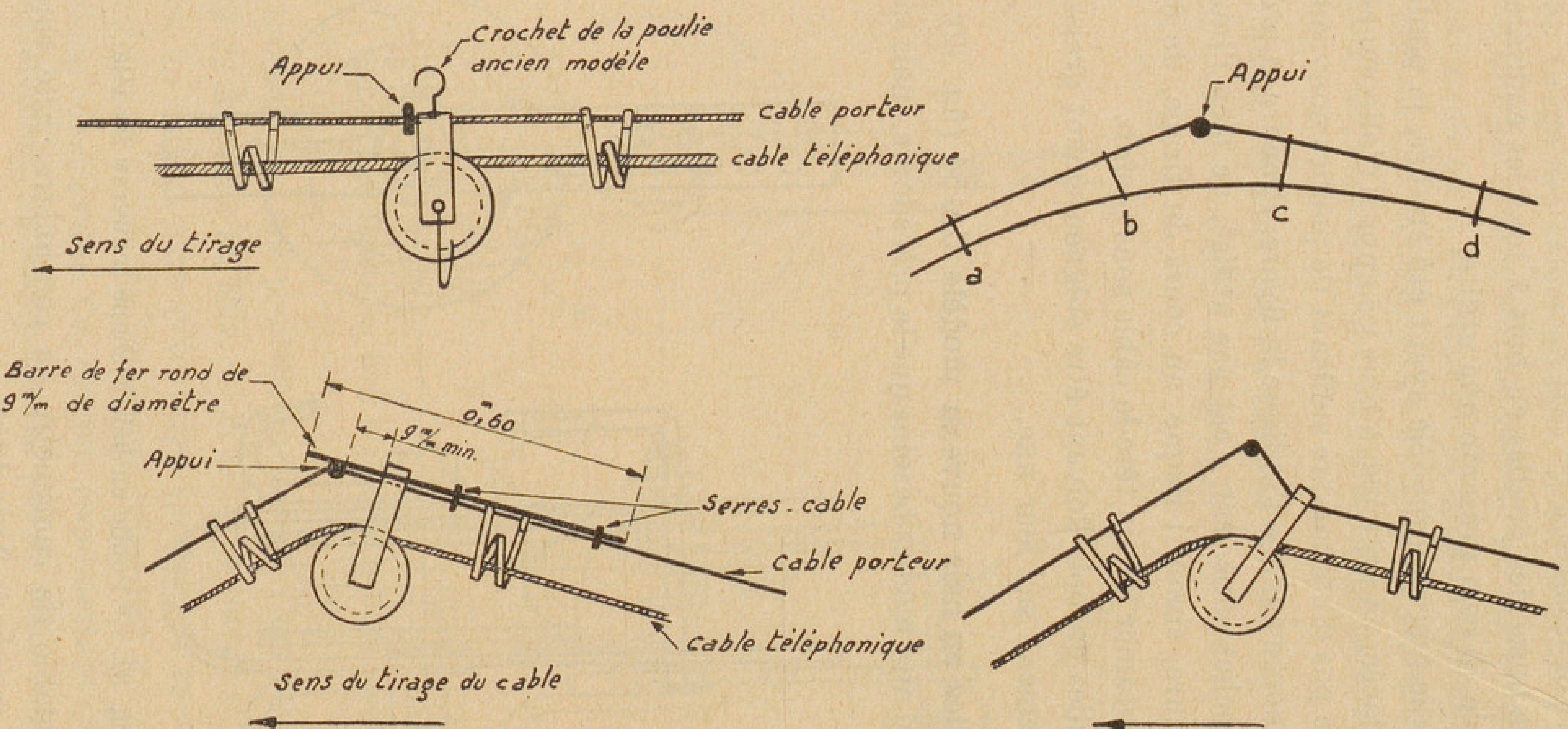

Appui
Crochet de la poulie
ancien modèle
cable porteur
cable téléphonique
Sens du tirage
Appui
a
b
c
d
Barre de fer rond de
9 m/m de diamètre
0,60
9 m/m min.
Appui
Serres-cable
cable porteur
cable téléphonique
Sens du tirage du cable

Fig. 33.

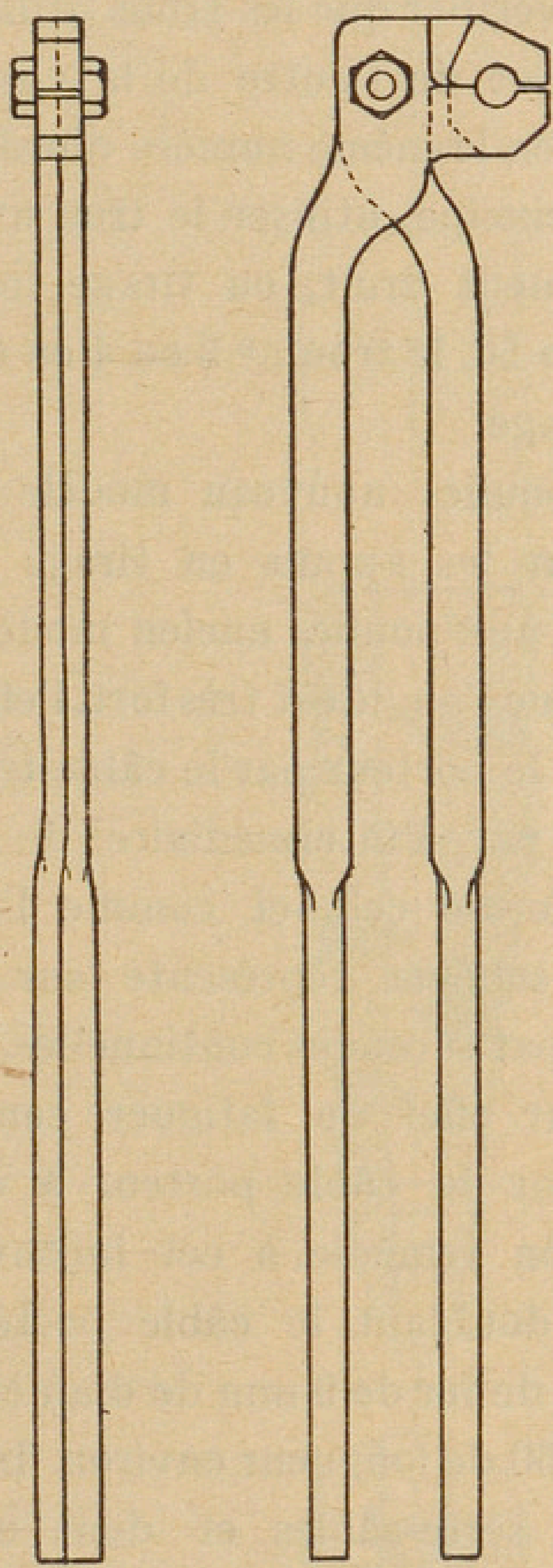


Fig. 34. — Pince à sertir les colliers.

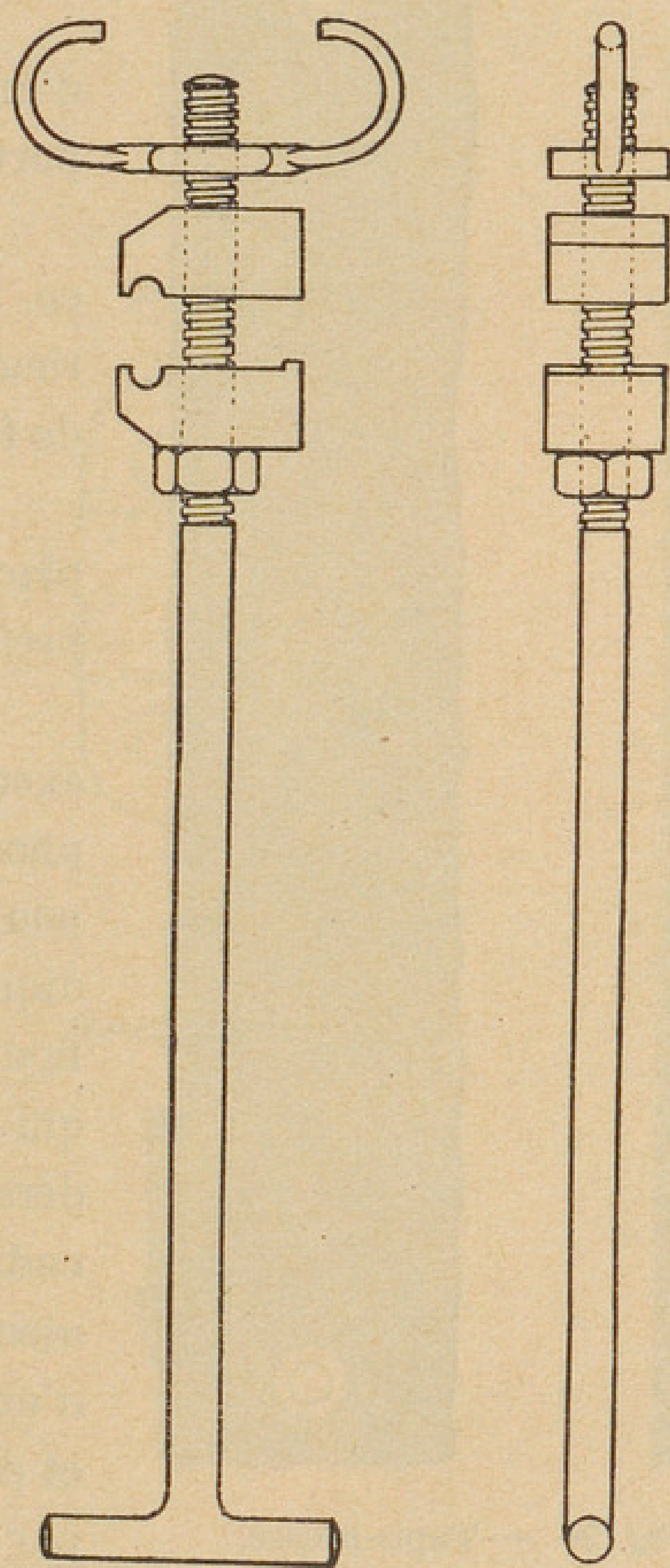


Fig. 35. — Pince-étau.

Pour le montage :

1° placer le cavalier sur le câble porteur (ne pas le placer à l'envers) ;

2° placer la chape dans la position désirée, trous bien en regard sur la chape et sur le cavalier ;

3° introduire l'axe et verrouiller.

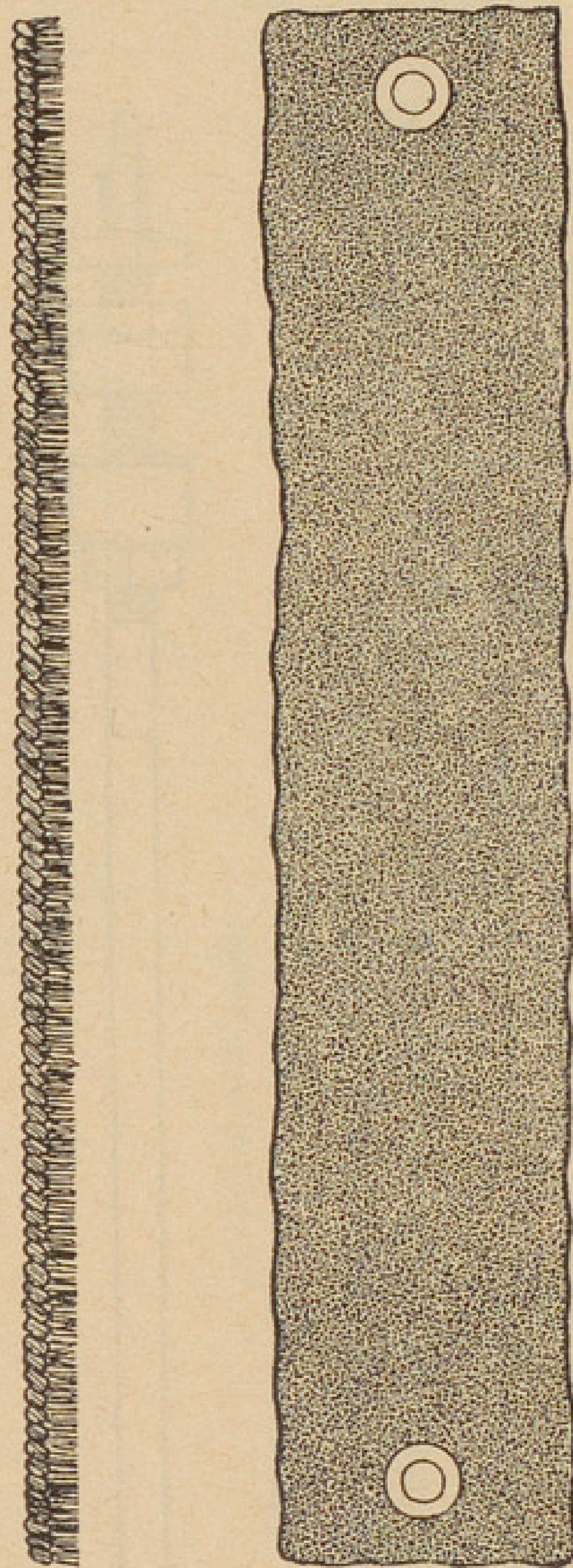


Fig. 36. — Tapis-brosse.

Bien vérifier que les trous utilisés d'un côté et de l'autre de la chape portent bien le même numéro d'ordre.

En principe, utiliser le trou n° 2 en alignement droit, ou tirage inférieur à 0 m 50, le trou n° 3 ou 4 en cas de fort tirage.

Les poulies nouveau modèle se placent sur les appuis en tirage de préférence aux poulies ancien modèle.

Lorsque l'angle est très fort, l'effet exercé sur le porteur par le câble téléphonique par l'intermédiaire de la poulie déforme celui-ci comme l'indique le schéma représenté sur la figure 33, par saccades continuelles, ce qui a pour effet de fatiguer considérablement le câble porteur à cet endroit ; on remédie à cet inconvénient en doublant le câble porteur d'une tige de fer de 9 mm de diamètre et de 0 m 60 de longueur environ fixée par deux serre-câbles et dont une extrémité est engagée dans le dispositif de suspension du câble porteur.

La poulie est placée le plus près possible de l'appui.

4. **Pinces de serrage CA-55** (fig. 34). — Ces pinces servent à écraser les oreilles des colliers sur le porteur. Elles sont suffisamment robustes pour être à l'abri de toute déformation. L'emploi

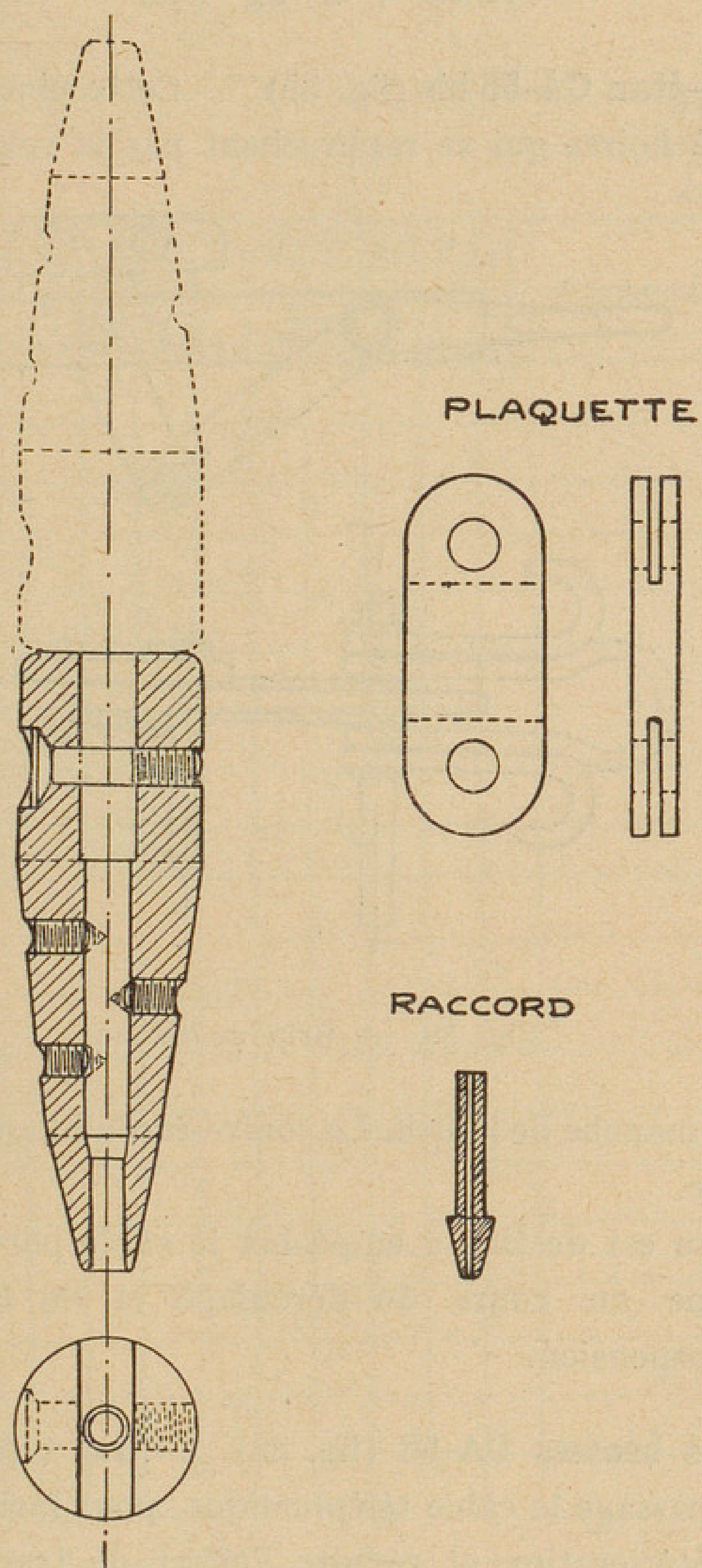


Fig. 37. — Obus universel en acier doux pour tirage de câbles.

d'acier spécial dans leur fabrication permettrait d'en diminuer le poids. Cependant la manœuvre des pinces actuelles n'apporte pas de gêne à la rapidité des opérations.

Poids : 2 kg 500.

5. **Pince-étau CA-55 bis** (fig. 35). — Cette pince est constituée par deux mâchoires qui se rapprochent par la rotation d'une vis

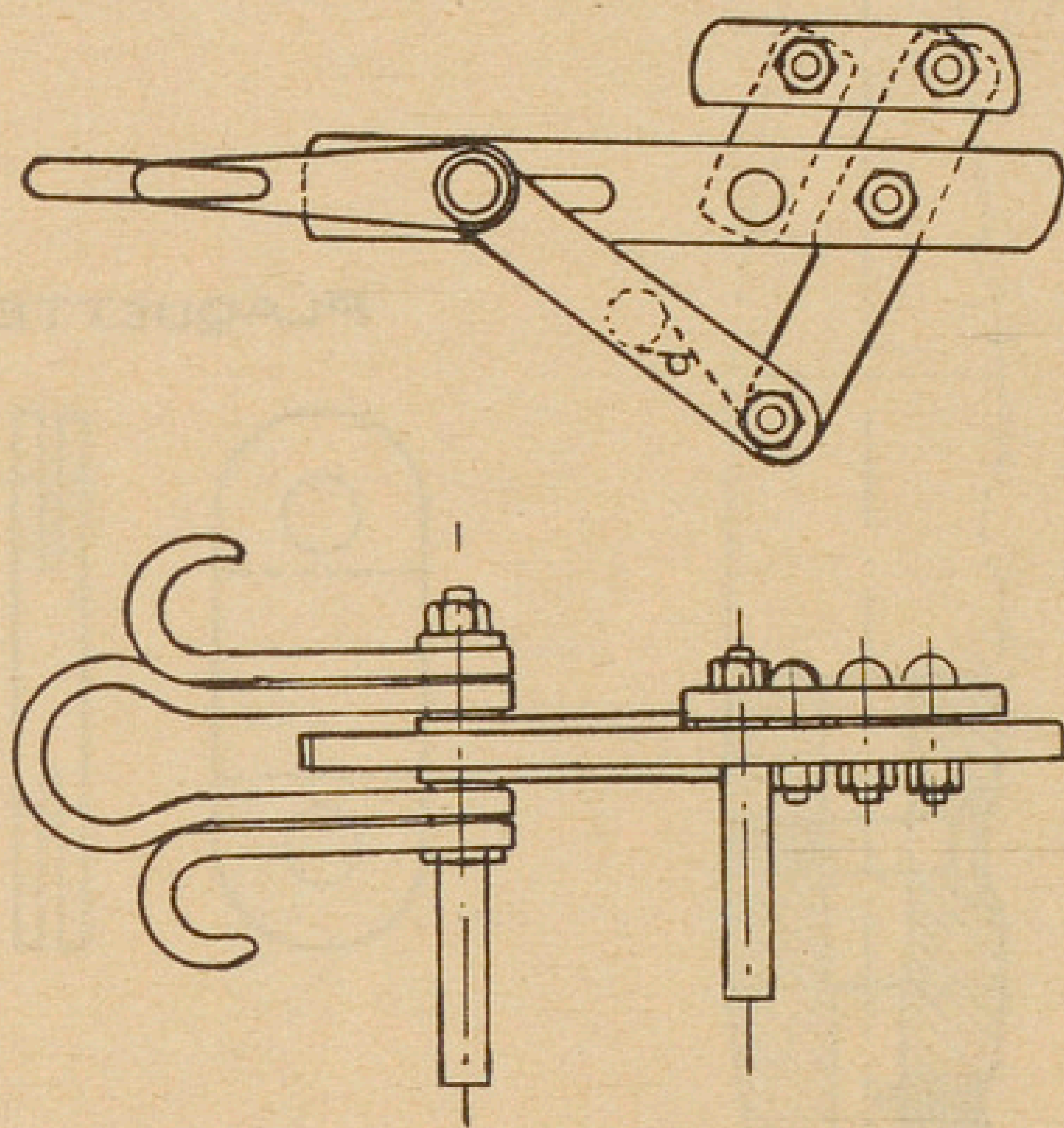


Fig. 38. — Grip de retenue.

qui forme le manche de l'outil. Le contre-écrou bloque les mâchoires après serrage.

Cet étau est destiné à empêcher le câble porteur de tourner sur lui-même au cours du déroulage et de la fixation des colliers de suspension.

6. **Tapis brosses CA-56** (fig. 36). — Le tapis brosse sert à graisser au passage le câble téléphonique, pour faciliter sa marche, éviter sa détérioration et réduire l'effort de traction nécessaire. Il est enduit de graisse consistante.

Il se monte autour du câble téléphonique et est fixé, grâce à des brins de fil recuit, d'une part à l'appui, d'autre part au câble porteur.

ction Régionale de LILLE
partement d..................
eur...............
ice..............

Réseau de ....

Etat descriptif du matériel nécessaire pour l'installation de câble aérien

Dates { De l'étude............ / Du tirage............

E: Existant
N: Nouveau

Rue et N°	N° de l'appui	Longueur de la portée	Potelets								Tiges						Jambes de force						Montants								Poteaux						Socles			Collier de consolidation avec boulons		Câble porteur de 9Z	Colliers de suspension		Agrafe porte câble	Garniture de plomb	Cosse	Poulie en fer avec bec	Crochets de suspension				Manilles		Anneaux [illegible]	Renseignements Divers	N° des appuis
			58/1		58/3		58/4		58/5		68/1		68/2		68/3		37/1		37/2		37/3		44/1		44/2		44/3		44/4		56/1 6.50		56/2 8.00		56/3 10.00		A	B	C				Courts	Longs					N°1	N°2	N°3	en U	[illegible]	d'arrêt			
			E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N						CA-1	CA-3	CA-4	CA-5	CA-6	CA-7	CA-8	CA-9	CA-10	CA-10	CA-11	CA-12	CA-13	CA-14		

7. **Obus universel CA-57** (fig. 37). — Cet obus sert pour les opérations suivantes :

1° raccorder un fil 15/10 à un câble tracteur de 6 mm, le mouvement se faisant vers le fil 15/10 ;

a) du côté fil 15/10 utiliser le raccord spécial ; ce fil 15/10 est passé dans la fente de la plaquette et enroulé autour de la vis de 10 mm.

b) du côté du câble de 6 mm, ce câble est simplement serré par trois vis de hauteur convenable.

2° raccorder un câble tracteur à un câble téléphonique.

Dans ce cas, la moitié de l'obus fixée au câble tracteur est seule utilisée. La vis de 10 mm est introduite dans l'œillet du grip-câble.

8. **Dynamomètre CA-59.** — Le dynamomètre, force 2000 kg (une force de 1000 kg suffirait, mais d'autres utilisations de cet outil sont à prévoir) sert au réglage de la tension du câble porteur.

9. **Grip de retenue CA-60** (fig. 38). — Ce grip est utilisé pour la fixation provisoire du câble porteur au moment de sa mise en place.


MUSÉE POSTAL

ÉTUDE
DES RÉGULATEURS DE NIVEAU ET DISPOSITIFS « ANTIFADING »,

par Georges ESPINASSE,
ingénieur des Postes et Télégraphes.

Problème à résoudre. — Différents types de régulateurs. — On applique à l'entrée d'un amplificateur une force électro-motrice alternative haute ou basse fréquence et d'*amplitude variable*

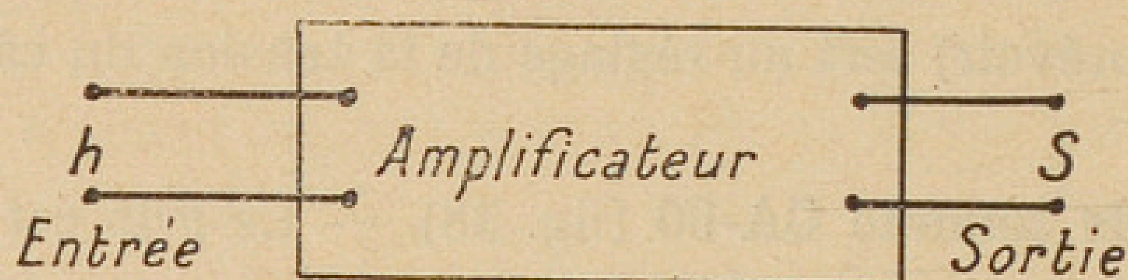


Fig. 1.

On désire obtenir à la sortie de l'amplificateur une différence de potentiel S *constante* (fig. 1).

Nous ne précisons pas pour l'instant la loi de variation de h et

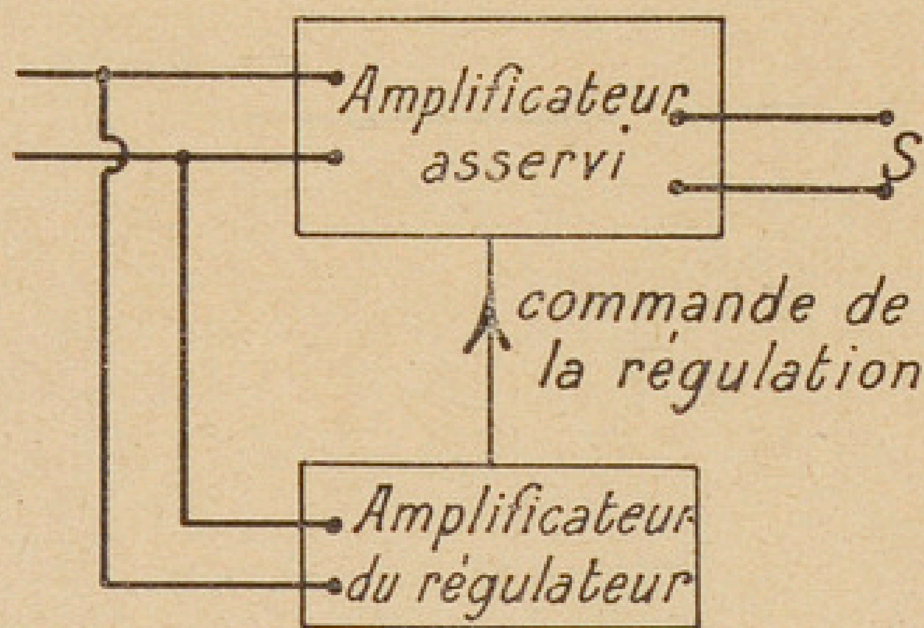


Fig. 2.

nous étudierons plus loin le cas où, en plus des variations d'amplitude de h qu'on désire corriger, il existe une modulation en amplitude

qui doit se retrouver aussi peu modifiée que possible sur le niveau de sortie *S*.

Si on ne tient pas compte de cette modulation imposée et à conserver, le problème est facile à résoudre. Il suffit de faire varier l'amplification d'une manière inversement proportionnelle au

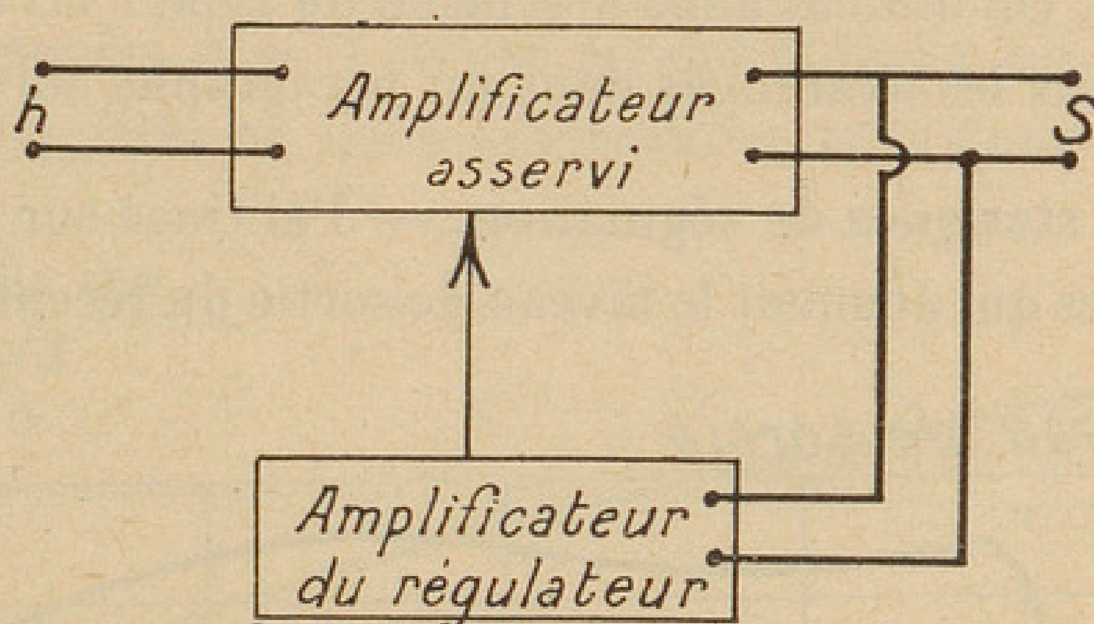


Fig. 3. — Type 2.

niveau d'entrée *h*. On obtient alors le schéma du type 1 représenté sur la figure 2.

Ce premier type de régulateur est *commandé par le niveau d'entrée*.

On peut également commander le régulateur *par les variations du niveau de sortie*.

On obtient alors le schéma du type 2 « régulateur indirect » (fig. 3).

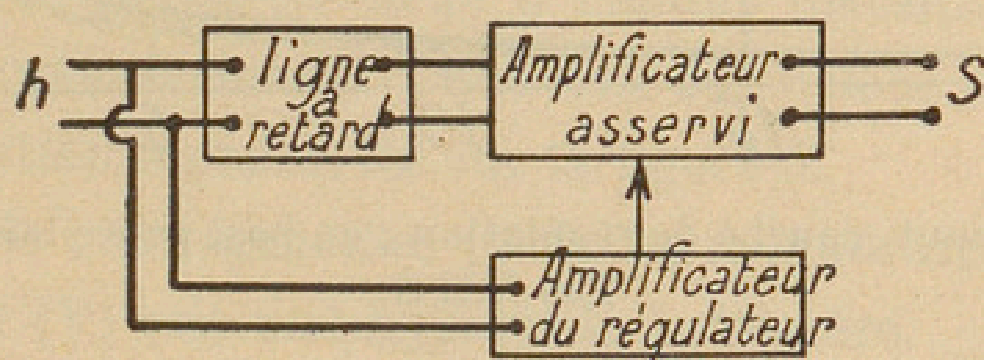


Fig. 4. — Type 1 *bis*.

En étudiant convenablement le système on rend aussi petites qu'on le désire les variations du niveau de sortie et on évite tous les étages d'amplification et de sélection du régulateur précédent.

A priori les deux régulateurs semblent résoudre tous les deux complètement le problème de la régulation. Mais l'action d'un régulateur, pour différentes raisons que nous étudierons plus bas, ne

peut pas être instantanée, et il en résulte forcément avec les régulateurs du type 1 et du type 2 une déformation des signaux pendant les périodes transitoires d'action du régulateur.

Pour éviter certaines de ces déformations on est ainsi conduit à placer devant l'amplificateur asservi du régulateur type 1, une ligne à retard. On obtient ainsi le schéma du type 1 *bis* (fig. 4), dont nous étudierons les avantages dans un paragraphe suivant.

Courbes statiques de régulation. — J'ai tracé sur les figures 5 et 6 les courbes qui donnent le niveau de sortie du récepteur en fonction du niveau d'entrée, pour les deux types de régulateur et dans des réalisations particulières.

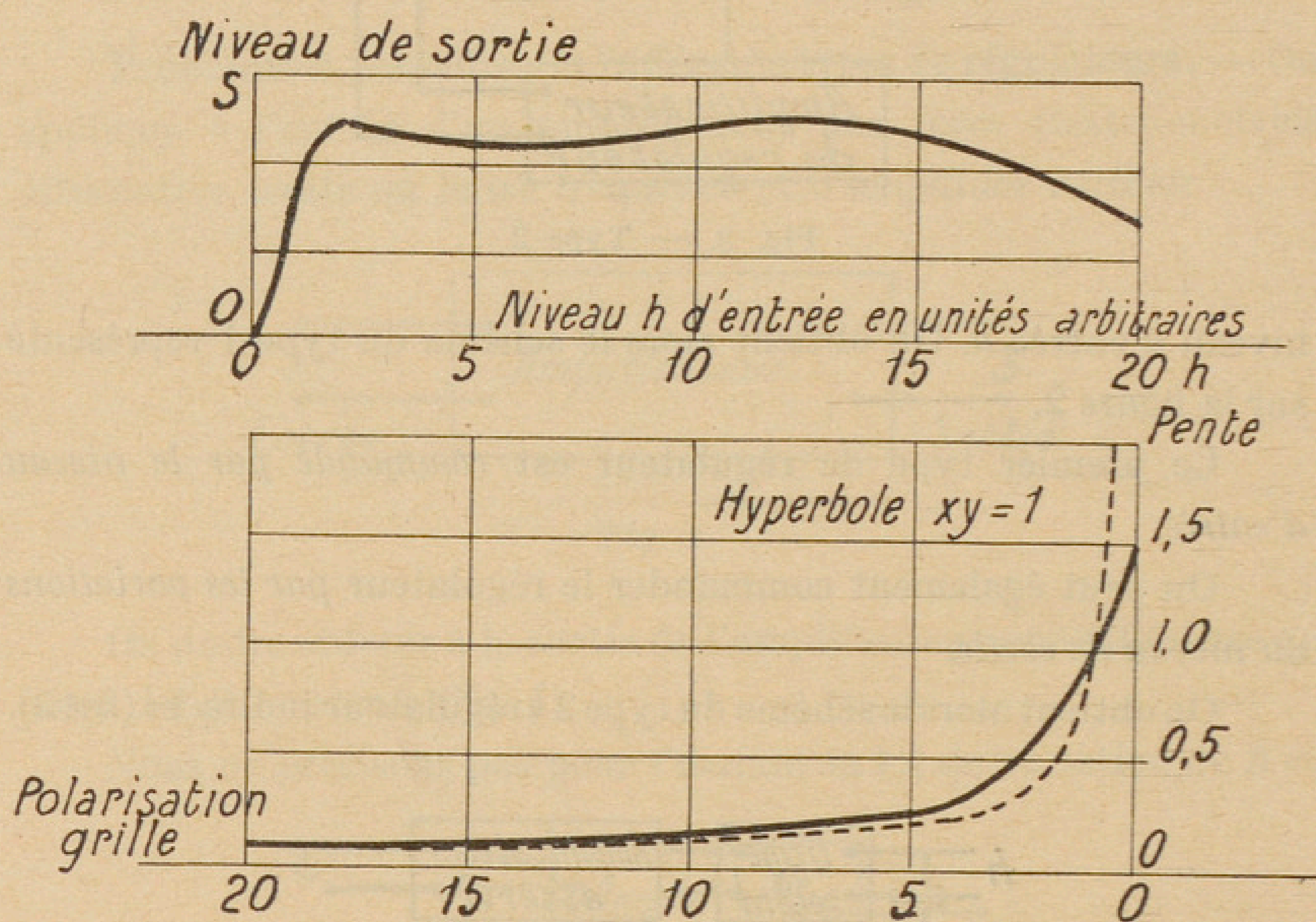


Fig. 5. — En haut, courbe de régulation ; en bas, pente lampe « Cossor » 220 V.S.G.

a) *Régulateur du type* 1. — Pour nous placer dans un cas pratique, j'ai supposé que l'amplificateur asservi comprend un étage d'amplification dont la polarisation variable fournie par le régulateur, permet de régler le gain, convenablement à chaque instant en fonction du niveau d'entrée.

La lampe amplificatrice de l'étage commandé par l'antifading

est une Cossor 220 V. S. G. dont j'ai reproduit la caractéristique en fonction de la polarisation grille.

Si l'amplification du régulateur est linéaire, la tension de polarisation V sera de la forme :

$$V = \alpha + \beta h$$

h étant la différence au potentiel d'entrée.

Nous poserons $\alpha = 0$ ce qui revient à régler convenablement la polarisation fixe, et nous supposerons que l'amplification de

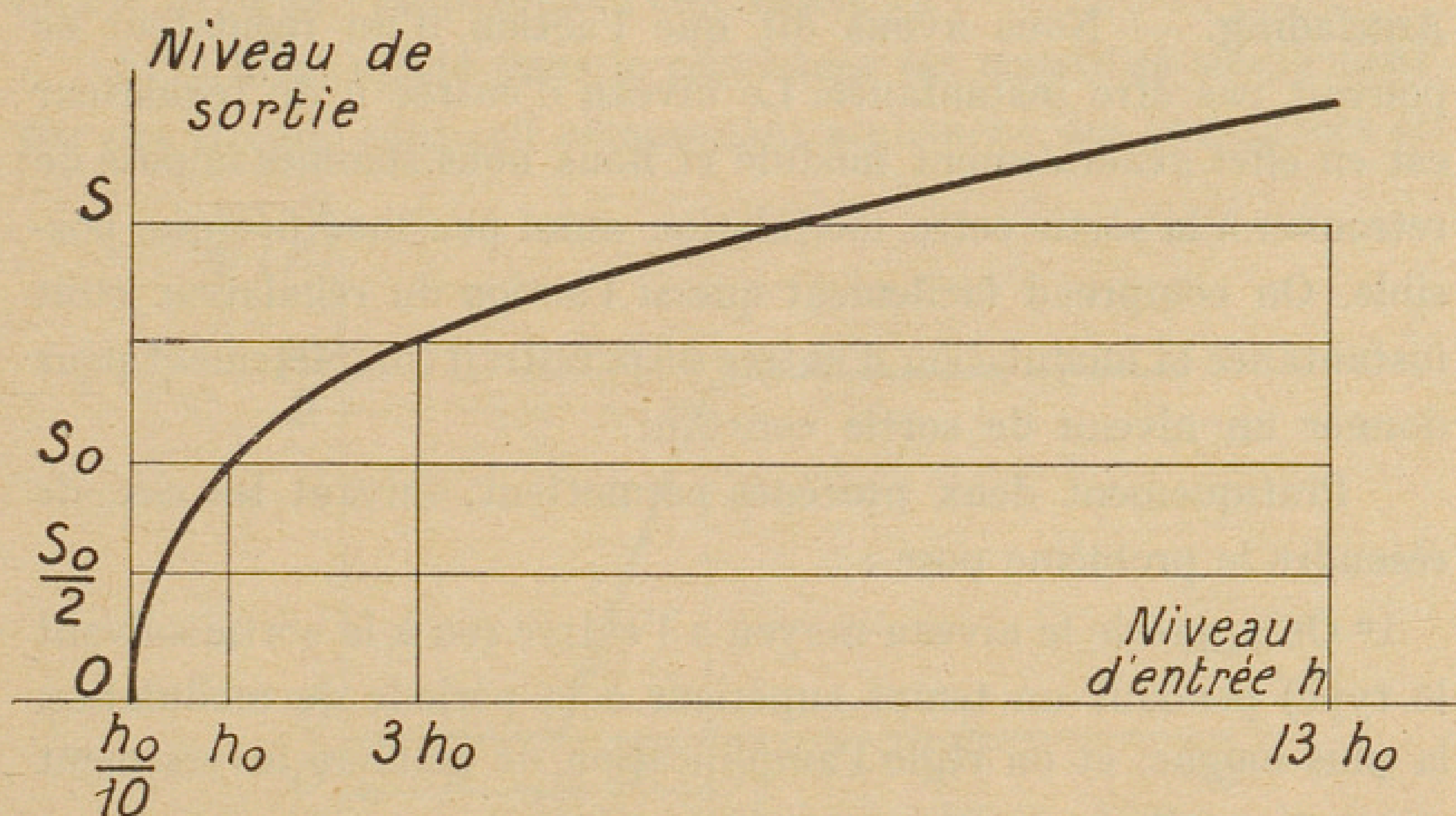


Fig. 6. — Courbe de régulation (1 seul étage asservi. — Lampe 220 V.S.G.).

l'étage asservi est proportionnelle à chaque instant à la pente p au point de fonctionnement. Dans ces conditions on obtient la courbe de régulation représentée sur la figure 5.

Pour obtenir une régulation parfaite, il faudrait que la caractéristique $p = f$ (V) soit une hyperbole équilatère.

b) *Régulateur du type* 2. — Soit S le niveau de sortie. L'amplificateur du régulateur fournit une tension de polarisation

$$V = \alpha + \beta S.$$

Nous supposerons que l'amplification de l'étage asservi est proportionnelle à chaque instant à la pente p au point de fonctionnement. Soit h_0 le niveau moyen à l'entrée et S_0 le niveau correspondant à la sortie.

Nous avons tracé sur la figure 6, la courbe de régulation en nous plaçant dans les conditions suivantes :

1 seul étage asservi par polarisation d'une lampe Cossor 220 V.S.G. et amplification du régulateur telle que si le niveau d'entrée devient égal à $\frac{h_0}{10}$ le niveau de sortie devienne $\frac{S_0}{2}$.

Temps nécessaire à l'action d'un régulateur. — Cas particulier du régulateur utilisé pour la réception radioélectrique. — Antifading. — Nous avons dit que l'action d'un régulateur ne pouvait pas être instantanée. Le niveau d'entrée h du régulateur est en effet généralement modulé et nous nous sommes imposé de retrouver à la sortie cette modulation aussi peu modifiée que possible. On comprend facilement que si l'action du régulateur était instantanée la modulation d'entrée disparaîtrait complètement pour donner un niveau de sortie constant.

Pratiquement deux procédés permettent, suivant les cas, de résoudre le problème posé :

1° On apprécie le niveau moyen à l'entrée (ou à la sortie suivant le type) pendant un temps supérieur à la période de modulation la plus longue, et on règle l'amplification de manière inversement proportionnelle à ce niveau *moyen* ;

2° Si le niveau d'entrée contient une fréquence dont l'amplitude est indépendante de la modulation imposée, mais dépend des variations de niveau qu'on désire corriger (dues par exemple à la propagation), on sépare cette fréquence (dite fréquence pilote) des autres fréquences de la modulation et on fait varier l'amplification en sens inverse du niveau de la fréquence pilote.

Ces deux procédés ne représentent souvent que deux manières différentes d'étudier le problème et ils conduisent aux mêmes résultats. La séparation de la fréquence pilote des autres fréquences se fait au moyen d'un filtre électrique ; de même la mesure de l'intensité moyenne d'un signal pendant un temps donné est obtenue en utilisant un filtre après détection du signal. On est donc généralement amené à utiliser dans l'amplificateur régulateur, un filtre électrique.

Si ce filtre est constitué par des groupements de selfs et capacités, il introduit un temps de propagation t entre l'entrée de l'amplificateur asservi et la sortie du régulateur. De plus en supposant une force électromotrice alternative appliquée brusquement à l'entrée du filtre, la différence de potentiel recueillie à la sortie du filtre n'atteint pas immédiatement sa valeur finale.

On appelle (d'après Küpfmüller) temps d'établissement θ le temps nécessaire pour que cette différence de potentiel soit égale aux 9/10 de la valeur finale (Voir figure 7).

Si le filtre utilisé dans le régulateur est constitué simplement par des circuits sans self comprenant seulement des résistances et

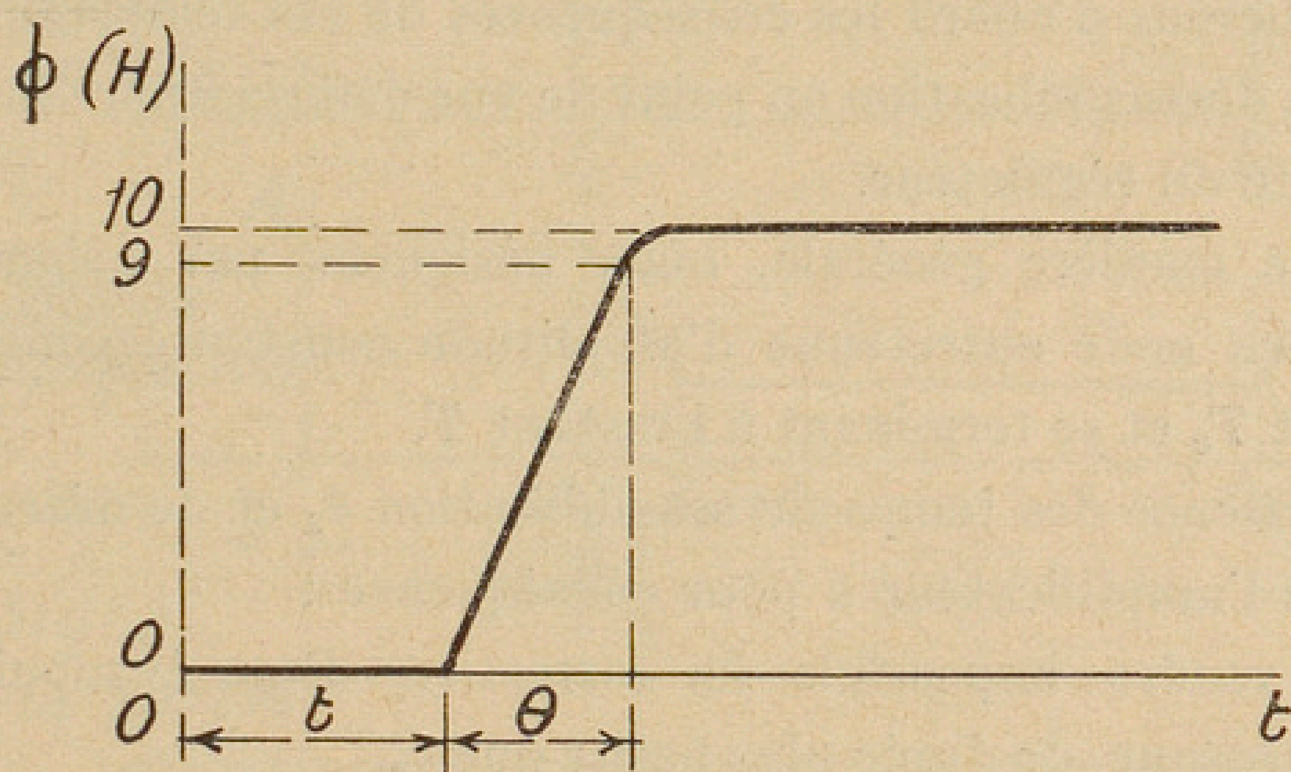


Fig. 7.

des capacités, comme cela est généralement le cas dans les régulateurs antifadings, il n'y a pas de temps de propagation t ($t = 0$), mais seulement un temps d'établissement θ.

D'une manière plus générale, dans ces circuits filtres constitués par des capacités et résistances on peut relever un temps d'établissement θ_1 au moment de l'application d'une différence de tension aux bornes d'entrée du réseau, et un temps de disparition θ_2 au moment de la suppression d'une différence de tension aux bornes d'entrée. Pour que θ_2 soit différent de θ_1 il suffit que l'une des résistances ait une valeur différente suivant le sens de circulation du courant (détecteur, — lampe, — cuproxyde, etc...).

Nous supposerons dans ce qui suit que le filtre du régulateur est constitué par des résistances et capacités. Nous nous plaçons

ainsi dans le cas pratique des régulateurs utilisés dans la réception radioélectrique (antifading).

L'action du régulateur n'est donc pas instantanée et d'après ce que nous venons de voir, le temps nécessaire à l'action du régulateur est différent lorsque le régulateur tend à augmenter ou à diminuer l'amplification. Nous désignerons par θ_2 le temps de sensibilisation et par θ_1 le temps de désensibilisation.

Déformation des signaux par suite de la régulation. — Nous préciserons plus loin les valeurs de θ_1 et θ_2 suivant la réception radioélectrique que l'on veut assurer (téléphonie ou télégraphie) mais nous étudierons d'abord les conséquences de ces temps de sensibilisation et désensibilisation au point de vue déformation des signaux et efficacité du régulateur.

D'une manière générale, nous désignons par « signal » une émission en onde entretenue d'amplitude constante commençant à l'instant T_0 et se terminant à l'instant T.

L'existence des temps de sensibilisation θ_2 et de désensibilisation θ_1 de l'amplificateur a pour conséquence :

1° de rendre impossible la correction d'un évanouissement (fading) brusque, de durée plus petite que θ_2.

2° de déformer les signaux pendant les régimes transitoires θ_1 et θ_2. Cette déformation se produit par suite soit au début du signal qui suit un fading long ou un arrêt de transmission, soit à la fin d'un signal qui précède un fading ou un arrêt de transmission.

Prenons par exemple un régulateur type 1 au temps t_0 le régulateur reçoit un signal d'amplitude constante qui cesse au temps t_1. A l'instant t_0 l'amplification du récepteur est maxima et égale à A_0. Pendant le temps t_0 à $t_0 + \theta_1$ l'amplification diminue suivant la loi imposée par le régulateur. Au temps $t_0 + \theta_1$ l'amplification se fixe à la valeur A_1. Au temps t_1 l'amplification est égale encore à A_1. Si le signal cesse l'amplification du récepteur augmente pour atteindre la valeur A_0 au bout du temps. θ_2.

Il y a donc au début du signal une déformation représentée par les courbes de la figure 8. La fin du signal n'est pas déformée

si le signal cesse brusquement. Mais il y a déformation si le niveau d'entrée ne devient pas nul immédiatement.

En utilisant un régulateur du type 1 *bis* et en choisissant une ligne introduisant un retard égal à θ_1 on peut supprimer les déformations du début du signal. Mais un tel dispositif introduit une déformation supplémentaire sur le signal (ou la fin du signal) qui précède un fading rapide ou un arrêt de transmission. Cette déformation dure pendant un temps θ_1 et elle peut du reste être très atténuée en choisissant θ_2 assez grand par rapport à θ_1 et en

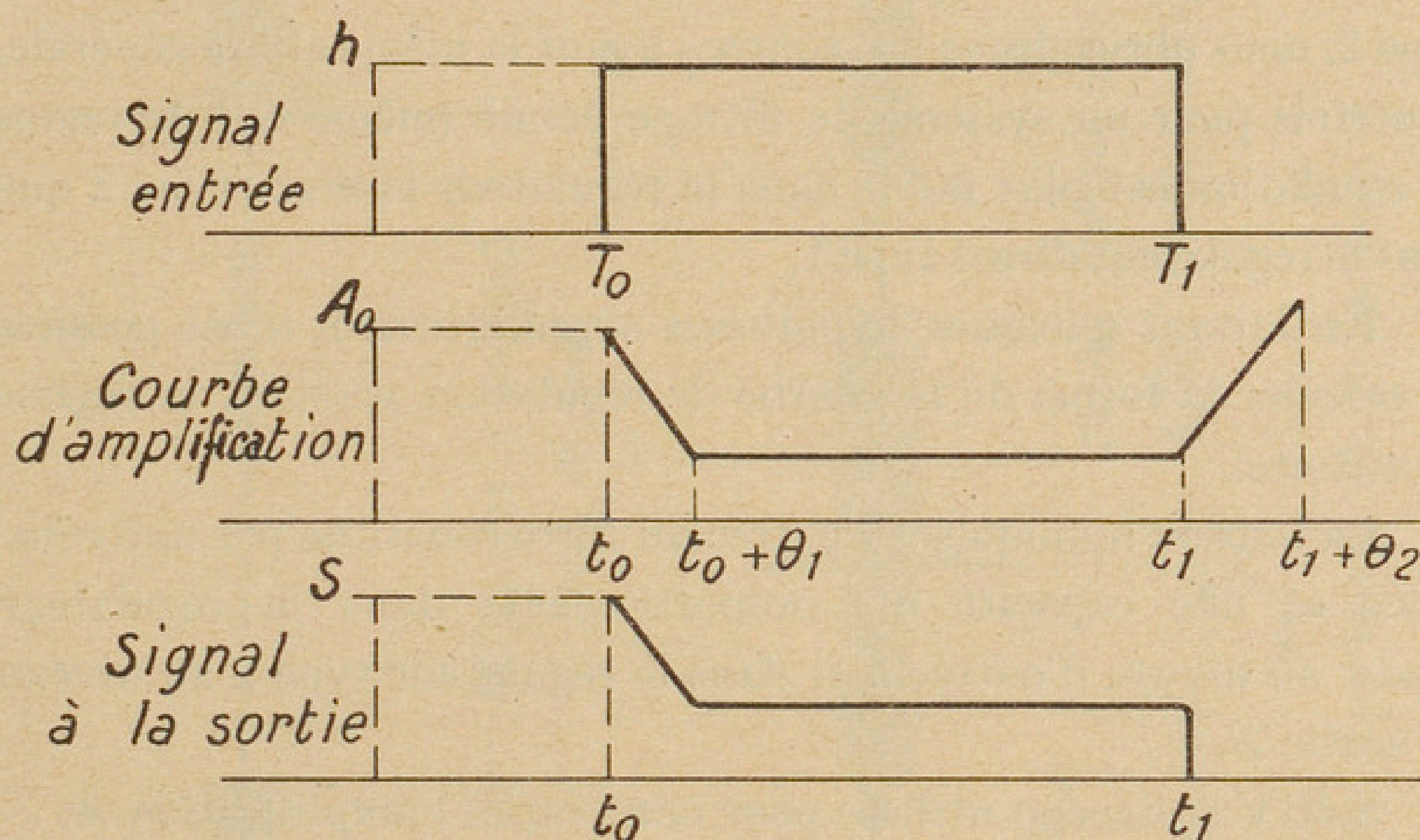


Fig. 8.

donnant à la courbe de sensibilisation une forme telle que la sensibilisation de l'amplicateur se fasse d'abord lentement puis très rapidement.

Dans les régulateurs indirects du type 2 l'étude de la déformation des signaux dans les régimes transitoires est plus compliquée que dans les cas précédents. Lorsque le régulateur contient des filtres avec selfs et capacités, il y a lieu d'étudier d'abord les conditions de stabilité du système dont le schéma est en effet celui d'un amplificateur à réaction. Cette étude a été faite par M. Küpfmüller dans un article publié dans la revue *Elektrische Nachrichten Technik* (novembre 1924).

Dans le cas général, pendant le temps de régulation le niveau

de sortie est soumis à des oscillations d'amplitude d'autant plus faible que le rapport $\frac{\theta}{t} = \frac{\text{temps d'établissement}}{\text{temps de propagation}}$ est plus grand.

Lorsque t est négligeable par rapport à θ, ce qui est le cas des régulateurs dont les circuits de filtrage sont constitués par des résistances et capacités comme dans les régulateurs antifadings, la variation du niveau de sortie pendant le temps de régulation se produit sans oscillation.

En particulier, si nous étudions la déformation d'un signal dans l'exemple traité précédemment mais avec un régulateur type 2, nous obtiendrons des courbes ayant la même allure générale. Toutefois pour un système de filtrage donné (même CR) le temps de régulation est plus faible dans le régulateur indirect type 2 que dans le régulateur direct type 1.

En faisant quelques hypothèses simplificatrices il est possible de calculer la forme de la courbe de régulation pendant le régime transitoire.

La tension appliquée à l'entrée du filtre constitué par une résistance et une capacité est proportionnelle dans le régulateur type 1 au niveau d'entrée h et dans le régulateur type 2 au niveau de sortie S.

Soit V la tension utilisée pour faire varier l'amplification A. — Pour simplifier nous supposerons que A varie suivant la loi

$$A = \frac{A_0}{V} \text{ pour le régulateur type 1.}$$

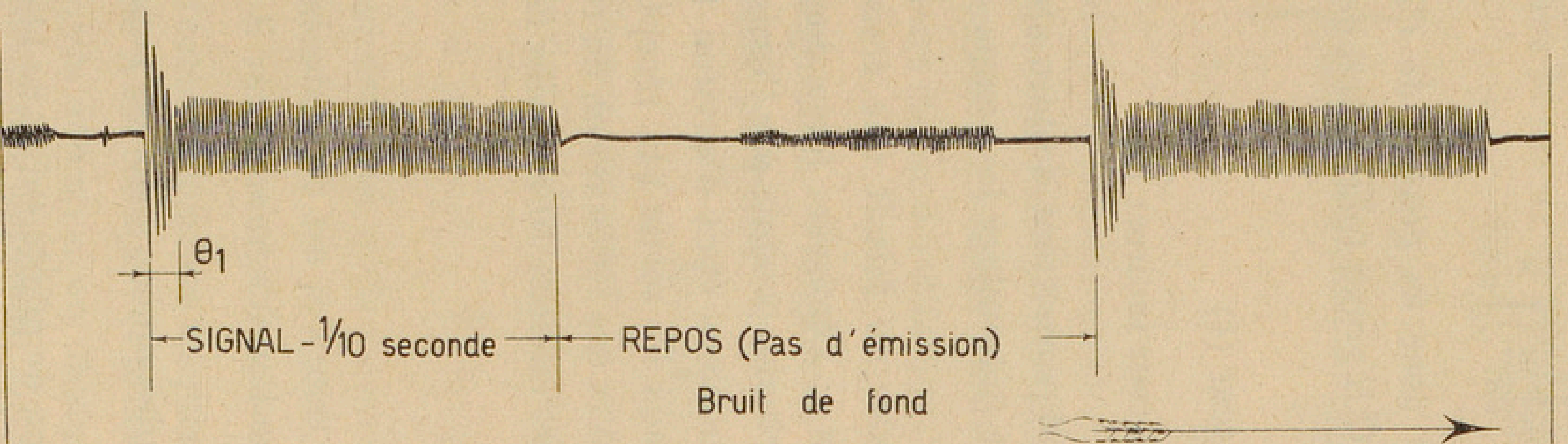
et $$A = \frac{A_0}{V^n} \text{ pour le régulateur type 2.}$$

dans lequel il y a n étages asservis.

Si le niveau d'entrée passe brusquement de h_0 à $(1 + \alpha)\, h_0$, le niveau de sortie S passe brusquement de S_0 à $(1 + \alpha)\, S_0$ dans les deux types de régulateur.

Dans le régulateur type 1, S revient à la valeur So en suivant la variation :

$$S = \frac{(1 + \alpha)\, S_0}{1 + \alpha\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right)}$$



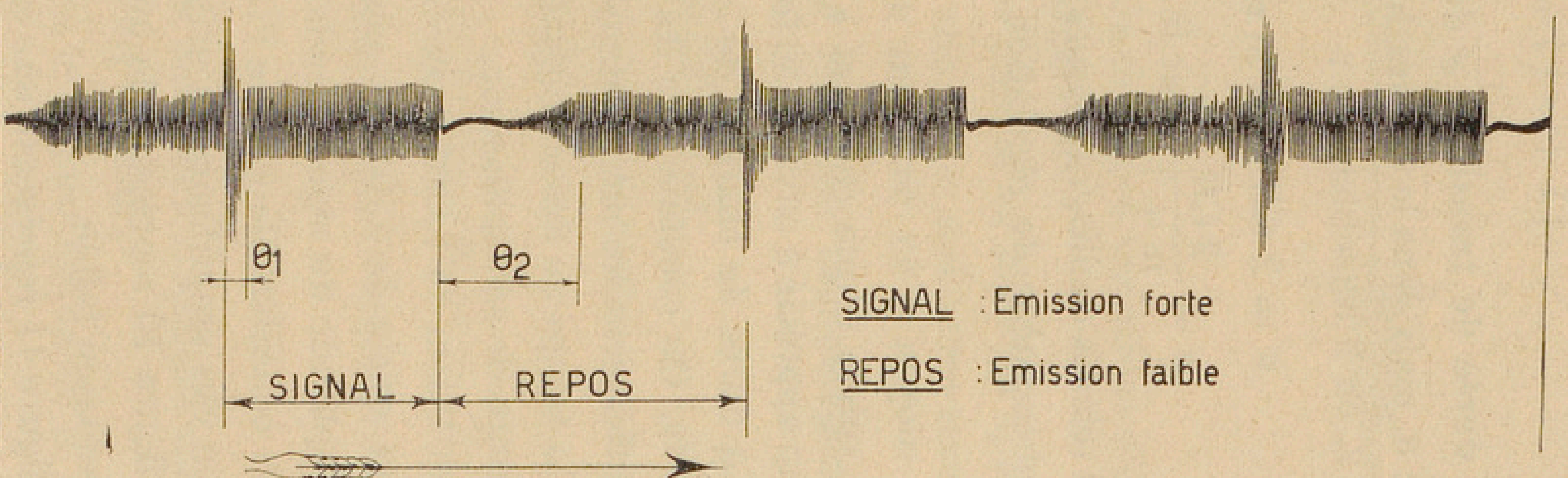


Fig. 9 (en bas) et Fig. 10 (en haut).

Dans le régulateur type 2, S revient à la valeur $S_0\,(1+\alpha)^{\frac{1}{n+1}}$ en suivant la variation :

$$S = \frac{(1+\alpha)\,S_0}{\left[1+\alpha\left(1-e^{-\frac{(n+1)t}{CR}}\right)\right]^{\frac{n}{n+1}}}.$$

La durée de transition θ dépend donc en général de CR et aussi de n, mais dans le cas pratique : $C\,R$ grand (plus grand que 3) et n $>$ 2, on a sensiblement :

$$\theta = 2\,CR \text{ pour le régulateur (1)}$$

et $$\theta = \frac{2\,CR}{n+1} \text{ pour le régulateur indirect (2).}$$

Les relevés oscillographiques (fig. 9) permettent de bien apprécier le phénomène de régulation et de déterminer les temps θ_1 et θ_2.

Au moyen d'un émetteur auxiliaire on faisait une émission « forte » suivie d'une émission « faible » ; l'émission forte donnait un champ apprécié à environ 20 fois le champ produit par l'émission faible. La durée de chacune de ces émissions était d'environ 1 /10 de seconde. On constate que les niveaux de sortie (du récepteur) sont sensiblement les mêmes dans les deux cas après action du régulateur. La temps de désensibilisation est environ 10 fois plus faible que le temps de sensibilisation.

θ_1 est voisin de 1 /200 de seconde.

θ_2 est voisin de 5 /100 de seconde.

L'amplitude du signal pendant le temps θ_1 est du reste beaucoup plus considérable que ne l'indique l'oscillogramme car il y a saturation des amplificateurs utilisés.

La figure 10 représente le même phénomène mais en supprimant l'émission faible.

La figure 11 représente une émission de points suivis de blancs à la vitesse de 40 bauds. La durée du blanc est inférieure à θ_2 et malgré cela la déformation est considérable.

Ces déformations des signaux pendant les périodes d'action de l'antifading ont pour conséquence, en télégraphie, de provoquer soit des allongements des signaux avec des collages entre signaux,

soit des raccourcissements des signaux, suivant la vitesse de manipulation et le réglage des redresseurs qui suivent l'amplificateur haute fréquence régulé.

Dans le cas de la téléphonie cette déformation se traduit par

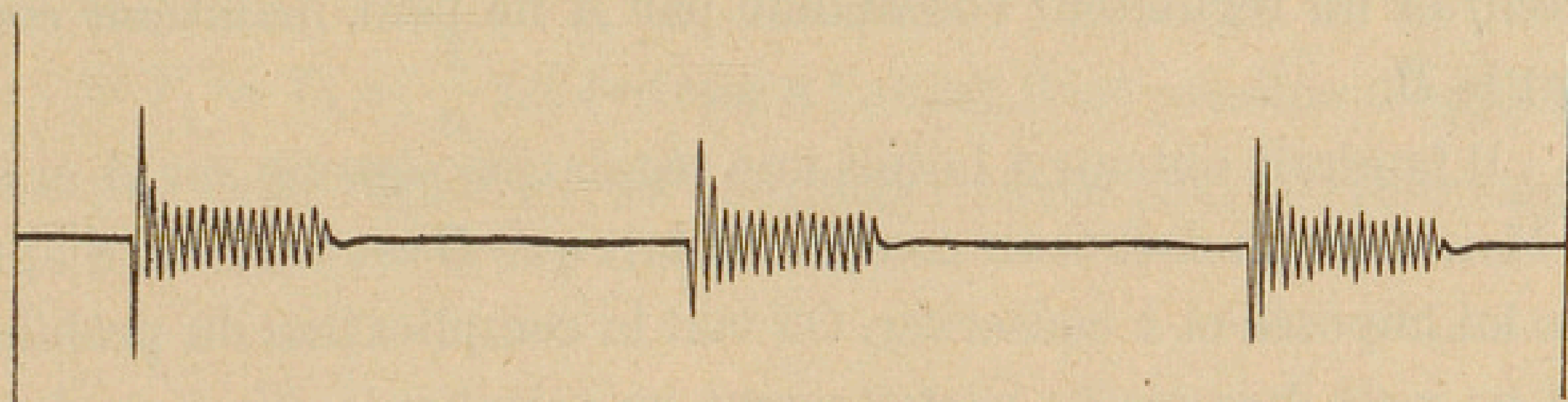


Fig. 11.

des distorsions considérables et par de brusques variations d'intensité sonore qui peuvent être très désagréables.

Nous allons étudier comment en général on règle les appareils récepteurs munis d'antifadings pour obtenir les meilleures résultats.

Régulation d'amplitude d'une réception radiotéléphonique avec onde porteuse. — Soit

$$h = (A + B \sin \Omega t) \sin \omega t$$

la différence de potentiel haute fréquence modulée appliquée à l'entrée de l'amplificateur, on peut écrire encore :

$$h = A \sin \omega t + \frac{B}{2} \cos (\omega - \Omega) t - \frac{B}{2} \cos (\omega + \Omega) t.$$

On peut donc dire qu'il y a en réalité propagation de trois ondes de pulsation

$$\omega, \quad \omega - \Omega, \quad \omega + \Omega.$$

Si cette onde haute fréquence est modulée à amplitude variable, le terme A est constant et le terme B est variable.

Après détection on obtient dans le circuit plaque de la détectrice (détection supposée linéaire) :

un courant continu i_c proportionnel à A,

un courant modulé i_m proportionnel à B.

Les phénomènes de propagation (fading) peuvent affecter le terme A et le terme B. Si l'action est *semblable* et *simultanée* sur A et B on a *un fading général* et il suffira de réaliser un amplificateur

commandé par un régulateur dépendant du terme A pour maintenir B constant.

Mais les phénomènes de propagation peuvent affecter différemment chacune des ondes transmises (1), (2) et (3) ; on a alors *un fading sélectif* et un régulateur commandé par A ne peut maintenir constant le B.

Il faudrait obtenir à la fois une régulation séparée sur A et sur B. Mais alors on doit tenir compte du fait que B est variable d'après une loi imposée et à conserver. On voit la complication du problème qui ne peut être résolu parfaitement en téléphonie. Nous supposerons donc, pour l'instant, le *fading général.*

La tension de régulation V d'un régulateur du type 1 ou du type 2 sera en pratique obtenue à partir de différences de potentiel produites par le courant i_c. On est conduit à séparer le courant i_c du courant i_m dans le circuit de détection. Ceci est très facile avec un filtre passe-bas.

Soit F_0 la fréquence la plus basse existante dans la modulation téléphonique. Le filtre doit éliminer toutes les fréquences égales ou supérieures à F_0 ; donc le temps d'établissement ou de disparition du courant i_c sera toujours au moins égal à :

$$\theta = \frac{0{,}85}{F_0} \text{ (Zobel).}$$

Si nous prenons $F_0 = 85$ p : s, $\theta = 1/100$ sec.

En réalité le filtrage est obtenu au moyen de circuits comprenant capacité et résistance et pour éliminer toutes les fréquences basses on est obligé de choisir un produit CR qui conduit à des temps d'établissement deux ou trois fois supérieurs à 1 /100 de seconde.

L'expérience montre du reste que, par suite des distorsions produites par les périodes transitoires d'action de l'antifading, il est préférable de ne pas corriger les fadings rapides. Ces fadings rapides sont du reste très souvent sélectifs et l'action de l'antifading ne peut pas être correcte. Aussi, dans les antifadings téléphoniques le temps θ est généralement le même à la sensibilisation et à la désensibilisation et il est compris entre 1 /2 seconde et 1 /5 de seconde.

Régulation d'amplitude d'une réception radiotélégraphique. — Une émission télégraphique en ondes entretenues pures se compose d'émissions de durée T, séparées par des silences ou blancs de durée T_2 (fig. 12).

Si $T_1 = T_2 = \frac{1}{n}$ sec (vitesse n bauds), il est possible d'appliquer à l'étude de la régulation les résultats trouvés pour la radiotélépho-

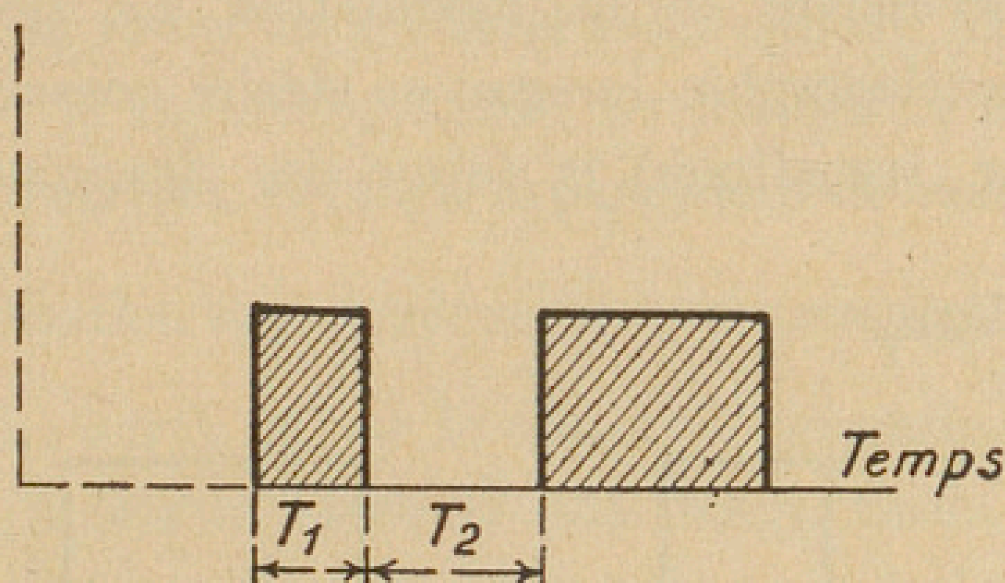


Fig. 12.

phonie. Cette émission équivaut en effet à une émission modulée avec les fréquences $\frac{n}{2}$ $\frac{3n}{2}$ $\frac{5n}{2}$ périodes secondes (en négligeant les autres termes du développement).

D'après ce que nous avons vu, le régulateur aura une constante de temps égale à deux ou trois fois la valeur minimum possible qui est égale à $\theta = \frac{2}{n} \times 0,85$.

Si on utilise pour la réception un régulateur indirect du type 2, la durée du régime transitoire est donc au moins égale à la durée de deux points et il y a forcément déformation des deux premiers signaux qui suivent soit un fading rapide, soit un arrêt de l'émission (blanc prolongé). Cette déformation se traduit généralement par un collage des premiers signaux ou un allongement de leur durée.

Dans une transmission télégraphique normale, le problème est encore plus compliqué car les signaux et les blancs ne sont pas d'égale durée et on est obligé de donner à l'antifading une constante de temps très supérieure au double de la durée du signal le plus court. La déformation peut être considérable et les fadings rapides ne peuvent être rattrapés.

Nous reviendrons plus loin sur ces difficultés mais il est nécessaire auparavant de montrer les différences qui existent entre le problème de l'enregistrement télégraphique et le problème de la réception radiotéléphonique et d'examiner les avantages que l'on peut en retirer pour le réglage des antifadings.

Dans le cas de la réception radiotéléphonique on désire conserver la forme de la modulation téléphonique, donc le rapport entre les amplitudes successives de la modulation. Le problème est le même en radiotélégraphie lorsque on désire conserver (sauf pendant le régime transitoire) la forme des signaux et surtout le

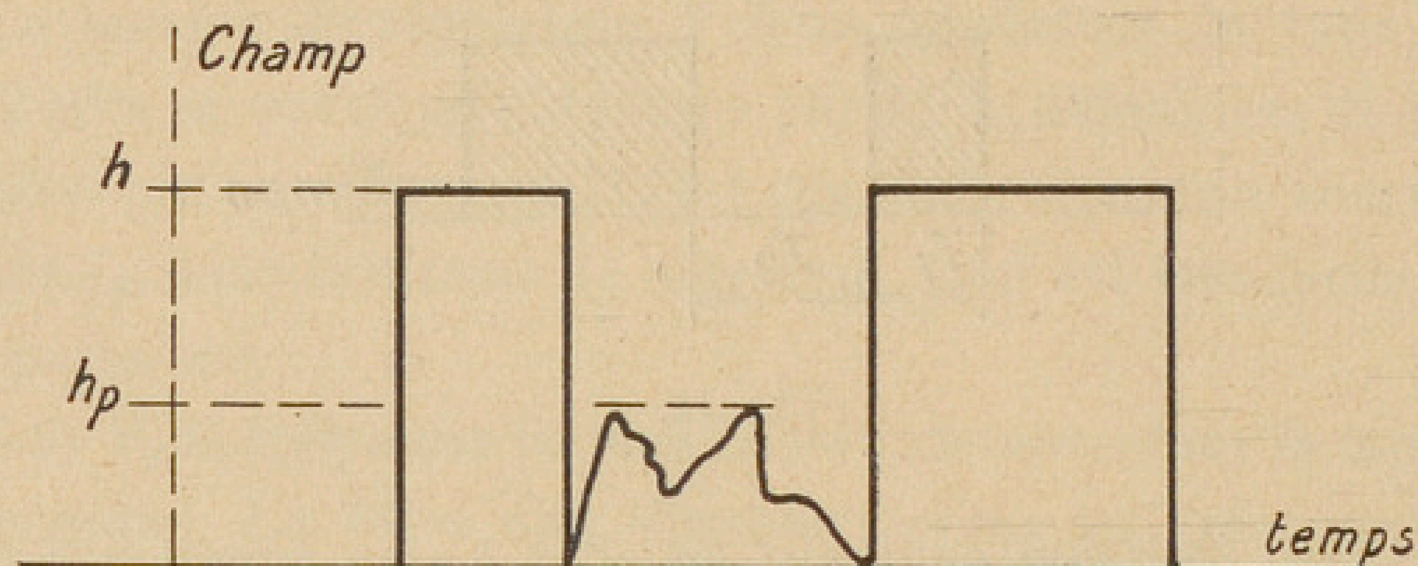


Fig. 13.

rapport entre *l'amplitude du signal et l'amplitude des parasites existant dans les blancs de transmission.*

On peut envisager d'une autre manière le problème de la réception radiotélégraphique en remarquant que la réception télégraphique n'impose pas forcément, comme la réception radiotéléphonique, la conservation de la forme de la modulation. Le système fonctionne *par tout ou rien.* En l'absence de signaux le courant doit être nul dans l'enroulement du relais et il doit prendre la valeur I pendant le temps du signal.

Nous pouvons représenter par la figure 13 le champ d'un signal et le champ parasite existant entre les signaux et capté par le récepteur.

Si le champ parasite h_p est nul nous pouvons nous permettre de donner au régulateur une constante de temps aussi faible que le permet le filtrage de la fréquence porteuse (c'est-à-dire pratiquement, dans le cas des ondes courtes, aussi faible que nous le désirerons).

Il y aura alors régulation très rapide et aucune déformation du signal.

Mais généralement le champ parasite h_p n'est pas nul et, pendant les blancs le récepteur reprenant toute sa sensibilité, le niveau de sortie produit par les parasites sera voisin du niveau de sortie produit par le signal, d'où enregistrement incorrect.

On peut établir un « seuil » avant l'amplificateur régulé, mais le réglage de la réception est alors assez délicat. Aussi on adopte en général, pour la radiotélégraphie, les conditions suivantes pour le réglage du régulateur. On règle le régulateur de manière que le temps de désensibilisation θ_1 soit *très court* (par exemple inférieur au $\frac{1}{3}$ du signal le plus court), et que le temps de sensibilisation θ_2 soit *long* (supérieur à 3 fois le blanc le plus long). Enfin on établit à la *sortie* du récepteur un seuil qui arrête tous les parasites dont le niveau de sortie est inférieur par exemple au 1/3 du niveau de *sortie* du signal. Ce niveau S/3 correspond à des parasites d'autant plus forts que le signal est lui-même plus fort puisque l'amplification est inversement proportionnelle à l'intensité du signal. La protection contre les parasites est donc d'autant plus efficace que le champ des signaux est fort.

Ce réglage du régulateur permet d'éviter les inscriptions de parasites pendant les blancs de transmission et de diminuer les déformations des signaux pendant le temps de désensibilisation θ_1 (début d'une transmission ou fin d'un fading brusque).

La déformation pendant le temps θ_1 n'est pas encore négligeable et on peut améliorer la réception en utilisant un régulateur du type 1-*bis* précédé d'une ligne qui introduit un retard égal à θ_1.

Une bonne solution serait d'utiliser dans un récepteur télégraphique un antifading qui agisse à la fois sur les étages d'amplification qui le précèdent et les étages qui le suivent. Ces derniers pourraient être réglés sur une fréquence acoustique et précédés d'une ligne à retard.

Mais quels que soient les procédés employés, il apparaît que les fadings de durée plus courte que θ_2 ne peuvent être corrigés.

Etude du meilleur procédé de manipulation des émissions ondes courtes pour assurer une réception correcte. — Réception imprimée. — D'après ce que nous venons de voir on doit toujours régler le temps de sensibilisation θ_2 de l'antifading de manière que les parasites ne soient pas reçus pendant les blancs. Pratiquement il faut donner à θ_2 une valeur égale à 2 fois la durée d'un blanc $\theta_2 = 2\,T_2$.

Mais l'expérience montre qu'on ne peut descendre pour θ_1 au-dessous d'une certaine valeur et que, lorsque θ_2 augmente, θ_1 augmente également. De plus si le récepteur est bien étudié la réception sera d'autant mieux protégée contre les parasites que le signal élémentaire sera plus long.

Le meilleur code pour la réception des ondes courtes est donc celui dont le rapport $\frac{T_1}{T_2}$, de la durée du signal le plus court à la durée du blanc le plus long, se rapprochera le plus de 1.

Dans le code Morse, le blanc le plus long égale 5 points. — $T_2 = 5\,T_1$, donc $\theta_2 = 2\,T_2 = 10\,T_1 = \frac{10}{n}$ (n = vitesse exprimée en bauds).

On ne peut corriger un fading dont la durée est plus petite que 10 points.

Dans le code Baudot, pour un seul secteur le rapport $\frac{T_1}{T_2}$ est égal à 5. Mais si on considère plusieurs secteurs successifs, suivant la lettre émise sur ces différents secteurs, la longueur du blanc varie. Ainsi l'émission de la « première » sur le premier secteur et de la « cinquième » sur le deuxième secteur produit un blanc égal à la durée de 8 points. Le cas le plus défavorable est celui d'un sextuple dans lequel les six secteurs sont au repos. La seule émission est celle de correction. Le blanc dans ce cas est égal à 34 points $\theta_2 = \frac{68}{n}$.

Avec ce réglage on ne peut corriger des fadings dont la durée est plus petite que 1,5 tours des balais. Cette irrégularité de la longueur des blancs rend difficile la fixation de θ_2 et désavantage la réception Baudot sous cette forme pour les liaisons ondes courtes.

On peut assez facilement remédier à cet inconvénient. Un premier procédé consiste à intercaler entre les secteurs successifs

un plot qui produit une émission, inutilisée pour la traduction, mais reçue par l'antifading. Dans ces conditions, quel que soit le texte transmis sur les différents secteurs, le blanc sera au plus égal à 5 points :

$$\theta_2 = \frac{10}{n}.$$

On peut imaginer un procédé qui améliore encore les conditions de manipulation mais un peu plus compliqué.

Représentons par |‾| un temps correspondant à une émission, par |_| un temps correspondant à un silence.

Les signaux Baudot sont représentés en télégraphie sur fil par des successions de courants + et de courants —. En radio nous conviendrons que + sera représenté par |‾|_|, soit une émission suivie d'un silence égal, et — sera représenté par |_|‾|, soit un silence suivi d'une émission égale.

Je ne décris pas les procédés simples, d'émission et de différenciation des signaux, que l'on peut facilement imaginer.

L'avantage théorique du procédé est le suivant : quelle que soit la lettre transmise et même si les secteurs sont inutilisés, la durée d'une émission sera au plus égale à 2 points et la durée d'un blanc au plus égale à 2 points

$$\theta_2 = \frac{4}{n}.$$

Il est à remarquer que pour un même nombre de lettres transmis en un temps donné, la vitesse en bauds de la transmission est deux fois plus grande avec cette manipulation spéciale qu'avec la manipulation ordinaire. Mais en ondes courtes cela ne présente pas un inconvénient grave.

Procédés utilisés pour assurer une réception onde courte correcte protégée contre les fadings brusques et courts. — L'étude précédente montre que même en choisissant convenablement le procédé de manipulation et le code, les régulateurs antifadings ne peuvent corriger les fadings brusques et courts. L'expérience confirme en effet que, dans une réception radiotélégraphique ondes courtes, très souvent un ou plusieurs points disparaissent complètement. Pour

se protéger contre ces fadings rapides, il faut donc adjoindre au régulateur antifading d'autres dispositifs.

En France, M. Verdan a essayé un système de répétition dans le genre de celui déjà utilisé pour les ondes longues, mais dans le cas des ondes courtes les circuits électriques sont tels qu'une émission est enregistrée si elle existe au moins une fois dans l'une des répétitions. C'est l'inverse de ce qui est réalisé pour la protection contre les parasites. Le système double par conséquent la probabilité d'erreur provenant des parasites qui ne sont pas toujours négligeables. Il est à remarquer que les parasites sont du reste d'autant plus gênants que les fadings sont plus profonds, car l'amplification augmente et la protection contre les parasite diminue.

Un procédé de réception utilisé en Amérique consiste à enregistrer la même émission sur plusieurs aériens et récepteurs différents. L'expérience a montré que les fadings ne sont pas simultanés sur les différents appareils et en additionnant les courants à la sortie des récepteurs, après détection, on peut éliminer les fadings courts.

La modulation de l'émission par plusieurs fréquences acoustiques transmises simultanément est un autre moyen d'éliminer les fadings brusques, car l'expérience montre que le fading n'est pas simultané sur les différentes fréquences.

Ce procédé a été utilisé pour une transmission télégraphique imprimée par téléimprimeur entre Berlin et Buenos-Ayres.

Il est également utilisé sur le système de télégraphie et téléphonie multiplex Paris—Alger.

***

On peut actuellement réaliser d'excellentes liaisons radiotélégraphiques par ondes courtes, dans lesquelles la sécurité de la réception est telle que la réception imprimée est possible.

Pour atteindre ce résultat il faut, non seulement utiliser des régulateurs automatiques de gain, mais encore choisir convenablement le procédé de manipulation et utiliser les dipositifs d'émission et de réception qui évitent les fadings rapides.

L'étude d'une liaison radiotélégraphique doit donc porter à la

fois sur la manipulation, sur l'émission et sur la réception. Malheureusement il n'y a généralement pas entente technique entre les correspondants et c'est la raison des progrès assez lents de la radiotélégraphie. Il faut, il est vrai, remarquer que, dans le plus grand nombre de communications radiotélégraphiques, le volume de trafic à écouler étant assez faible, pendant longtemps encore la réception à l'ondulateur des signaux Morse sera suffisante.

CONSIDÉRATIONS SUR LES DIVERS MODES DE TRANSMISSION ET DE CONVERSION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE [1].

par G. LAURENT,
Ingénieur.

RÉSUMÉ. — *La transmission de l'énergie électrique à longue distance et l'interconnexion des réseaux peuvent se concevoir sous plusieurs formes, dont les plus intéressantes sont celles qui utilisent le courant alternatif à tension constante ou à impédance constante, et le courant continu à intensité constante.*

Le but de cette étude est de comparer sommairement les caractères essentiels de ces diverses solutions.

I. — TRANSMISSIONS EN COURANT ALTERNATIF A TENSION CONSTANTE.

Le courant alternatif à tension constante est actuellement utilisé dans la presque totalité des lignes de transfert d'énergie électrique. Il présente en effet l'avantage primordial de se prêter facilement aux liaisons avec les systèmes de distribution, ainsi qu'aux interconnexions entre réseaux, par le simple intermédiaire de transformateurs statiques. Or le prix des transformateurs statiques est voisin de 30 à 40 f : kW de puissance traversante, tandis que celui des groupes convertisseurs que nécessitent tous les autres modes de liaison varie de 150 à 300 f : kW. On conçoit que cet avantage économique suffise à justifier dans la plupart des cas l'emploi du courant alternatif à tension constante. Mais, en se plaçant à un autre point de vue, on peut en déduire aussi que ce système doit se heurter parfois à des difficultés sérieuses, puisque

---

1. Reproduction d'un rapport présenté à la Conférence Internationale des Grands Réseaux électriques à Haute Tension (session 1935) et paru dans la brochure n° 354 éditée à cette occasion.

cette supériorité manifeste n'empêche pas de nombreux auteurs de prédire un bel avenir aux systèmes concurrents. En fait, la transmission en courant alternatif à tension constante, idéale pour le transfert d'énergie à petite et à moyenne distance, possède certaines limitations qui rendent son emploi de plus en plus difficile à mesure que les lignes se font plus longues. En outre la liaison rigide qu'elle implique entre réseaux interconnectés tend à faire de ceux-ci des blocs énormes et délicats à la fois, d'une conduite difficile et sujets à de sérieuses perturbations.

A. **Puissance caractéristique.** — Le choix de la tension, dans le cas d'une longue ligne de transmission, est à peu près imposé par la puissance à transmettre.

Un tronçon élémentaire de ligne, en effet, se comporte en première approximation comme une self-induction en série combinée avec une capacité en dérivation. Pour que la ligne fonctionne dans de bonnes conditions de rendement, et que la tension se maintienne sensiblement uniforme d'un bout à l'autre, il faut que la puissance réactive $l\varphi I^2$ consommée par le passage du courant à travers la réactance d'un élément de ligne soit compensée par la puissance réactive $c\varphi U^2$ fournie par la capacité de cet élément. Ceci impose que courant et tension soient en phase et que le quotient de leurs valeurs soit égal au quotient des racines carrées de l et de c, expression qui a reçu le nom d'*impédance caractéristique* de la ligne. Or il se trouve que toutes les lignes aériennes ont sensiblement la même impédance caractéristique, voisine de 400 Ω. Le quotient de la tension par le courant est donc déterminé, ce qui impose, le produit de ces deux quantités étant par ailleurs égal à la puissance transportée, une relation entre la puissance et la tension. Cette relation définit des *puissances caractéristiques*, proportionnelles au carré de la tension en ligne, et qui, pour les diverses tensions usuelles ou projetées, ont les valeurs suivantes :

110 kV	30 000 kW
150	55 000 kW
220	120 000 kW
(400 kV)................	(430 000 kW)

B. **Stabilité.** — La puissance caractéristique d'une ligne est indépendante de sa longueur. Pour déterminer la distance maximum à laquelle on peut la transmettre, il faut faire appel, indépendamment de tous facteurs d'ordre économique tels que le rendement et les frais d'établissement de la ligne, à des considérations de stabilité.

La puissance maximum qui peut être échangée d'une façon stable entre les deux extrémités d'une ligne simple est proportionnelle au carré de la tension, c'est-à-dire à la puissance caractéristique, et inversement proportionnelle à la réactance de la ligne, majorée d'une partie de celle des machines qu'elle relie et corrigée pour tenir compte de l'effet de capacité. On en déduit que le quotient de la puissance maximum par la puissance caractéristique ne dépend en première approximation que de cette réactance globale, qui croît avec la longueur de la ligne. On peut admettre que la puissance maximum, dans le cas d'une ligne à 220 kV, tombe au-dessous de la puissance caractéristique vers 500 km environ.

C. **Aménagement des lignes.** — L'aménagement des longues lignes a pour but, soit de permettre ou d'améliorer le fonctionnement au-dessus ou au-dessous de la puissance caractéristique, soit d'élever les limites de stabilité.

Le fonctionnement au-dessous de la puissance caractéristique exige la compensation de la capacité de la ligne. On emploie dans ce but des bobines de self-induction ou des compensateurs synchrones sous-excités, connectés en dérivation sur la ligne.

Le fonctionnement au-dessus de la puissance caractéristique exige la compensation de l'excès de self-induction de la ligne. On dispose pour remplir ce but de condensateurs statiques ou de compensateurs synchrones surexcités, que l'on peut connecter en dérivation ou en série sur la ligne. Il est à noter que des compensateurs synchrones en série sur une ligne ne sont stables qu'à la condition d'être entraînés par des moteurs synchrones en dérivation.

Nous ne parlerons pas ici de la compensation des puissances actives.

Si l'on se place maintenant au point de vue de l'augmentation des limites de stabilité, on constate que les condensateurs statiques en dérivation ont une influence plutôt défavorable, du fait que leur présence conduit à réduire les excitations des alternateurs. Les compensateurs synchrones ont au contraire sur la stabilité un effet favorable, mais faible comme tous les effets différentiels, grâce à leurs excitations propres dont la présence vient compenser l'influence néfaste de la diminution de celle des alternateurs. Pour obtenir un effet très important sur la stabilité en régime troublé au moyen de compensateurs synchrones en dérivation, il faudrait que ceux-ci soient de très grandes dimensions et pourvus de dispositifs de surexcitation à action extrêmement rapide.

Le procédé le plus efficace pour améliorer la stabilité consisterait à détruire directement la self-induction de la ligne au moyen de condensateurs en série, et à compenser sa capacité au moyen de bobines de self-induction en dérivation. La stabilité ne serait plus alors limitée que par la résistance de la ligne.

D. **Influence de la fréquence.** — L'impédance caractéristique est indépendante de la fréquence, et par conséquent aussi la relation entre la tension et la puissance à transporter. En revanche une diminution de la fréquence diminue la réactance de la ligne et les courants de capacité, ce qui a un double effet favorable sur la stabilité de la transmission.

L'abaissement de la fréquence permettrait donc de reculer les limites de distance au delà desquelles les considérations de stabilité obligent à aménager la ligne. En abaissant suffisamment la fréquence, on atteindrait de nouvelles limites de stabilité fonction seulement des pertes Joule en ligne.

Mais le choix d'une fréquence de transport différente de la fréquence d'utilisation obligerait à une transformation complète de l'énergie à l'arrivée, supprimant ainsi l'avantage le plus précieux des transmissions à tension constante.

E. **Avantages et inconvénients des transmissions à tension alternative constante.** — Nous avons vu que l'avantage essentiel

des transmissions à tension alternative constante est de permettre l'alimentation directe des systèmes de distribution, ainsi que les interconnexions directes entre réseaux. Nous ne retrouverons cet avantage dans aucun autre mode de transmission.

Les lignes à tension alternative constante présentent en revanche, certains inconvénients :

1° Limitation par des considérations de stabilité de la puissance maximum transmissible à une distance donnée ;

2° Impossibilité de choisir arbitrairement la fréquence ;

3° Pour ces deux raisons, nécessité d'un aménagement coûteux des longues lignes, au moyen de stations de compensation intermédiaires ;

4° Sensibilité aux perturbations : valeurs élevées des courants de court-circuits, et abaissement corrélatif des limites de stabilité ; amplification des effets des perturbations du fait des liaisons directes entre les réseaux connectés. Le développement des disjoncteurs à très grande vitesse de coupure tend d'ailleurs à atténuer ces inconvénients ;

5° Difficulté de marche en parallèle des diverses unités ;

6° Constance des pertes fonction de la tension.

La plupart de ces inconvénients ne deviennent sérieux que dans le cas de transmissions à très longue distance.

II. — TRANSMISSIONS EN COURANT ALTERNATIF A IMPÉDANCE CONSTANTE.

La caractéristique du système de transmission en courant alternatif à impédance constante, préconisé par M. Boucherot, est l'ajustage constant de la tension en ligne à la valeur instantanée de la puissance transmise, de manière que la ligne fonctionne toujours au voisinage de sa puissance caractéristique. On améliore ainsi le rendement, surtout aux faibles charges puisque la tension diminue proportionnellement à l'intensité, et l'on réduit les organes de compensation au minimum que nécessitent les considérations de stabilité. On diminue en outre les courants de court-circuit aux faibles charges.

La distribution devant toujours être effectuée à tension constante, il est indispensable de transformer l'énergie à l'arrivée. Cette transformation augmente le prix de l'équipement mais permet dans bien des cas d'envisager le transport d'énergie à une fréquence plus basse que la fréquence d'utilisation, ce qui recule les limites de stabilité et réduit encore les organes de compensation nécessaires.

L'interposition de convertisseurs diminue en outre les répercussions sur un des systèmes des perturbations dont l'autre est le siège : seuls sont transmis les à-coups de puissance active atténués dans une certaine mesure par l'inertie des groupes.

En revanche, à égalité de tension et de puissance, les conditions de stabilité sont plus mauvaises dans le cas de convertisseurs synchrones que dans le cas de la liaison directe que permettrait le fonctionnement à tension constante : on remplace en effet, au point de vue des actions synchronisantes, le réseau de distribution qui peut être très grand par rapport à l'importance de la ligne, et qui renferme des récepteurs ohmiques ou asynchrones plus stables intrinsèquement que des récepteurs synchrones, par un ou plusieurs moteurs synchrones de pouvoir synchronisant relativement faible.

La stabilité est plus facile à assurer dans le cas de convertisseurs asynchrones, qui doivent alors être compensés, l'inertie des groupes jouant en cas d'à-coup, un rôle plus efficace.

Dans l'un ou l'autre cas la stabilité est réduite aux faibles charges, la tension en ligne décroissant en même temps que l'intensité. Cela amène à maintenir la tension toujours supérieure à un certain minimum.

En définitive le transfert d'énergie en courant alternatif à impédance constante nécessite des convertisseurs coûteux et se prête mal aux interconnexions, mais permet d'économiser sur les frais d'établissement des lignes et le rendement de la transmission. Il présente un intérêt certain pour transporter à de très grandes distances des puissances importantes, à travers des régions où la consommation d'électricité est nulle ou assurée par d'autres moyens.

III. — COMPARAISON GÉNÉRALE ENTRE LES TRANSMISSIONS EN COURANT ALTERNATIF ET EN COURANT CONTINU.

Le courant continu à très haute tension ne présente guère que des inconvénients sur le courant alternatif au point de vue de la génération, de la transformation et de l'utilisation. Comptons cependant comme une supériorité importante, au point de vue de la génération, le fait qu'il se prête dans certains cas au fonctionnement à vitesse variable des génératrices, procurant ainsi une meilleure utilisation de l'énergie hydraulique dans les stations à débit très saisonnier.

Le courant continu possède en revanche, au point de vue de la transmission à longue distance, de multiples avantages, dus en particulier à la suppression des effets de self-induction et de capacité en régime permanent, à la diminution de la tension de crête, et à l'absence de fatigue des diélectriques qui ne sont plus soumis à des contraintes alternatives. Ces avantages sont principalement les suivants :

1° Suppression des chutes inductives de tension en ligne ; suppression des limitations par la self-induction et la capacité des lignes de la puissance maximum transmissible de façon stable.

2° Suppression des limitations de la puissance transmissible qu'entraîne en outre dans le cas du courant alternatif la nécessité de fonctionner au voisinage de la puissance caractéristique. Pour cette raison et la précédente, simplification de l'aménagement des lignes ;

3° En particulier, possibilité d'utiliser des câbles souterrains à haute tension, alors que la puissance caractéristique extrêmement élevée de ces câbles nécessiterait dans le cas des courants alternatifs à fréquences usuelles un aménagement coûteux, qui prohibe en fait leur emploi à partir de quelques dizaines de kilomètres ;

4° Possibilité de soumettre les câbles à des tensions beaucoup plus élevées qu'en alternatif : on pourrait, semble-t-il, atteindre ou dépasser 500 kV entre conducteur et terre, alors qu'on n'a pas dépassé 132 kV en courant alternatif ;

5° Possibilité de faire fonctionner une ligne aérienne existante à une tension plus élevée qu'en courant alternatif, dans un rapport au moins égal à $\sqrt{2}$;

6° Meilleure utilisation, formes plus simples et prix moins élevé des conducteurs grâce à la suppression de l'effet pelliculaire ;

7° Possibilité d'utiliser le sol pour le retour du courant ;

8° Simplicité de la mise sous tension progressive des lignes, sans risques d'auto-amorçage ;

9° Protection facile contre les perturbations, par l'emploi de bobines de self-induction convenablement disposées ;

10° Pertes par effluves plus faibles à une tension donnée, surtout si cette tension est positive par rapport au potentiel du sol.

En revanche l'utilisation de lignes de transmission en courant continu à tension élevée nécessiterait certaines précautions contre les phénomènes d'électrolyse et surtout d'ionisation cumulative. Elle poserait également quelques problèmes particuliers relatifs à la construction et à l'emploi des disjoncteurs, ainsi qu'à la protection des câbles contre les décharges oscillantes.

Quoi qu'il en soit de ces problèmes, qui ne paraissent pas insolubles, l'énumération précédente suffit à montrer que le courant continu est l'agent le mieux adapté à la transmission de l'énergie électrique, de même que l'alternateur et le transformateur statique en sont les organes les plus parfaits de génération et de transformation : les conditions de commutation imposent en effet aux dynamos à courant continu des limitations très strictes de puissance unitaire, de tension limite et de vitesse maximum, qui les ont empêché de suivre, au point de vue de la souplesse dans le dimensionnement, de la robustesse, du prix de revient et du rendement, les progrès des machines à courant alternatif. On peut donc penser que la solution de l'avenir, pour les transports d'énergie à très grande distance, sera celle qui associera la génération en courant alternatif et la transmission en courant continu, avec comme intermédiaire des convertisseurs statiques.

Les convertisseurs statiques paraissant à l'heure actuelle les plus aptes à jouer ce rôle sont les redresseurs et onduleurs à vapeur de mercure. Ces appareils ne surpassent encore les convertisseurs

tournants, ni pour les puissances unitaires, ni pour les limites de tension, et, du moins lorsqu'ils fonctionnent en onduleurs, leur sont inférieurs en sécurité de marche. Mais ces limitations sont plutôt dues à un développement insuffisant qu'inhérentes à leur principe même. Ils possèdent en tout cas dès à présent l'avantage d'un rendement excellent et d'un encombrement faible aux tensions élevées, et se prêtent parfaitement aux commandes automatiques à distance.

IV. — TRANSMISSIONS EN COURANT CONTINU A TENSION CONSTANTE.

Les transmissions en courant continu à tension constante n'ont reçu aucune application dans le domaine des longues distances et des hautes tensions. Ce mode de transmission, en effet, en dehors des propriétés générales propres à l'emploi du courant continu, ne possèderait aucun avantage spécial, et ne procurerait pas en particulier la facilité de liaisons et d'interconnexions qui est le propre des systèmes à tension constante en courant alternatif.

Le maintien de la tension constante d'un bout de la ligne à l'autre nécessiterait, pour compenser les chutes ohmiques, de coûteuses stations survoltrices intermédiaires. La puissance maximum transmissible en pointe serait limitée par la résistance de la ligne. Les court-circuits mettraient en jeu des courants élevés, et nécessiteraient un appareillage coûteux. Enfin le système se prêterait mal aux extensions à cause de la très haute tension que devraient développer les machines additionnelles, et ne se prêterait pas mieux aux grands réglages de vitesse qui nécessiteraient une surexcitation importante des groupes aux allures lentes.

Pour toutes ces raisons, il ne semble pas que le courant continu à tension constante puisse concurrencer les autres modes de transmission envisagés dans cette étude.

V. — TRANSMISSIONS EN COURANT CONTINU A INTENSITÉ CONSTANTE.

Le système de transmission en courant continu, à intensité constante, ou système Thury, a déjà reçu un certain nombre d'appli-

cations. La plus importante est celle de Moutiers-Lyon (25.000 kW, 100 kV, 250 A), réalisé par M. Thury à partir de 1900 et dans laquelle l'énergie de groupes turbo-dynamos connectés en série est transmise aux réseaux d'utilisation par l'intermédiaire de groupes convertisseurs rotatifs.

Citons en outre une installation de 3.000 kW, 15 kV, 200 A, réalisée à titre d'essai par la General Electric Company et utilisant exclusivement des convertisseurs statiques : un pont constitué par des bobines de self-induction et des condensateurs, suivant le schéma imaginé par M. Boucherot, transforme le courant alternatif à tension constante en courant alternatif à intensité constante, et ce courant alternatif constant est ensuite redressé par des « thyratrons » à vapeur de mercure. Des dispositifs analogues retransforment pour la distribution le courant continu à intensité constante en courant alternatif à tension constante.

La transmission en courant continu constant présente l'inconvénient sérieux de donner lieu à des pertes Joule indépendantes de la charge. Cet inconvénient peut d'ailleurs être évité, lorsque toutes les unités en série sur le réseau peuvent être exploitées comme un bloc unique, en réduisant aux faibles charges le courant qui circule dans la ligne.

Ce système possède en revanche, indépendamment des avantages généraux propres à l'emploi du courant continu, de nombreuses particularités intéressantes qui en font la forme la plus importante des transmissions en courant continu. Nous mentionnerons entre autres les points suivants :

1° Limitation des courants de court-circuit, et simplifications qui en résultent dans l'équipement des lignes ;

2° Souplesse de commande des machines à intensité constante, et simplicité de leur appareillage ;

3° Simplification du problème de l'isolation des unités, dont la tension entre bornes reste modérée grâce au couplage en série ;

4° Stabilité parfaite des machines à courant continu couplées en série, d'où simplification des problèmes de régulation et de partage des charges ;

5° Extension facile des réseaux par addition de nouvelles unités

en série, dans les limites où la tension en ligne demeure admissible ;

6° Enfin, caractéristique de fonctionnement se prêtant particulièrement bien à l'emploi de convertisseurs statiques à conductibilité unidirectionnelle. La limitation des courants de court-circuit facilite en outre l'emploi d'appareils à cathode chaude ne supportant pas les surintensités brutales.

VI. PROBLÈME PARTICULIER DE L'INTERCONNEXION ENTRE RÉSEAUX.

Les systèmes à impédance constante se prêtent mal aux interconnexions entre réseaux. Le courant continu à tension constante ne présente à peu près aucun intérêt aux tensions élevées. Il ne reste donc en présence, pour les interconnexions entre réseaux, que les systèmes à tension alternative constante et à courant continu constant.

La liaison directe entre réseaux par lignes à tension alternative constante est la solution la plus simple et la plus économique. Elle présente en revanche les inconvénients suivants :

1° Elle ne se prête pas, sauf pour de petites distances ou des tensions modérées, à la liaison par câbles souterrains ;

2° Elle conduit à des courants de court-circuit élevés ;

3° Elle propage les perturbations d'un réseau à l'autre ;

4° Elle doit permettre le transfert de puissances réactives suffisantes, quels que soient les besoins réels, pour maintenir en tout état de cause le synchronisme entre les réseaux ;

5° Elle pose des problèmes délicats de répartition des charges actives et réactives.

La réalisation de transformateurs à tension réglable en charge remédie dans une large mesure à ce dernier inconvénient. Les efforts déployés actuellement pour la mise au point de disjoncteurs à ouverture de plus en plus rapide tendent de même à atténuer les autres, à l'exception du premier.

La liaison asynchrone entre réseaux, malgré le coût des convertisseurs qu'elle exige, peut encore être envisagée comme moyen d'assurer l'indépendance complète des systèmes interconnectés.

La liaison en courant continu à intensité constante présente de son côté le grave inconvénient de nécessiter une double transformation complète de l'énergie. Elle possède en revanche les avantages propres à l'emploi du courant continu, en particulier la faculté de se prêter à l'emploi de câbles à très haute tension. Elle élimine par ailleurs tous les problèmes de stabilité et se prête à un réglage facile de l'échange d'énergie entre les réseaux.

Lorsqu'il s'agit non plus de relier deux réseaux, mais d'interconnecter plusieurs centres de génération ou d'utilisation, il est à remarquer que les liaisons à tension constante alternative et à courant continu constant conduisent à des couplages très différents : tandis que les interconnexions en courant alternatif constituent des systèmes *étoilés* ou *maillés*, la forme naturelle d'un système à intensité continue constante consiste en une *boucle* reliant en série toutes les stations à interconnecter.

Ce mode de liaison présente un avantage très important lorsque les stations génératrices et réceptrices sont plus ou moins régulièrement intercalées les unes entre les autres : le potentiel de la ligne à courant continu s'élève en effet au passage dans une station génératrice, puis s'abaisse dans la station réceptrice suivante, et oscille ainsi entre des valeurs extrêmes qui, si le tracé de la ligne est bien étudié, peuvent être très inférieures à ce qu'elles seraient si toutes les stations génératrices étaient concentrées en un point de la ligne, et toutes les stations réceptrices au point opposé. Autrement dit la puissance totale circulant dans la boucle n'intervient que d'une façon secondaire dans la fixation de la tension maximum.

Il en résulte que la boucle à intensité constante, reliant des centrales et des stations de distribution convenablement réparties, est le système qui permettrait de faire circuler une puissance donnée sous la plus faible tension possible.

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Le Centre international de radiocommunications médicales. (*La Nature*, N° 2958, 1935). — A Rome vient de se créer un organisme destiné à venir en aide aux marins lorsque, par suite d'un accident ou d'une maladie, l'un d'entre eux se trouve en danger, sans que le reste de l'équipage soit en mesure de le soigner. On sait que nombre de bâtiments n'ont pas de médecin de bord ; dans ces conditions, si un cas grave surgit, le patient est à la merci des connaissances, ou de l'ignorance de ses compagnons. Dès maintenant, il arrive très souvent que des navires demandent des conseils médicaux aux postes côtiers, lorsque la nécessité les presse. Mais on a voulu une organisation plus fixe et surtout plus rapide, sans les aléas que présente actuellement l'information indirecte.

Le système de communications inauguré par le Centre Radio-médical (C.I.R.M.) de Rome est le suivant : un navire ayant besoin d'assistance lance un message chiffré, selon un code international qui définit très nettement les symptômes ; des explications complémentaires peuvent être ajoutées *en clair* dans une des trois langues : français, anglais, italien. Le message, reçu par un quelconque des postes du territoire italien, est retransmis aussitôt à Rome. Si le cas présente une urgence, le message passe en priorité absolue sur tout autre, comme les S.O.S.

A Rome, il est immédiatement téléphoné au Centre International de Radiocommunications médicales. Selon le cas, la consultation est fournie par les médecins de diverses spécialités avec qui le Centre est en communication permanente. Ainsi, il ne risque plus d'y avoir une perte de temps, à la recherche d'un hôpital et d'un médecin capable de donner un diagnostic et un traitement.

Dès que la réponse est rédigée, par le même système du code et du langage clair si besoin est, elle est réexpédiée à la puissante station d'émission de Coltano, la plus forte d'Italie.

Les marconigrammes expédiés par les navires doivent avoir l'indicatif *Medrad* et l'adresse *Cirm* et être signés du Commandant. La préséance est donnée aux messages précédés du signe XXX.

Le tour du monde par téléphone. (*The Bell System Technical Journal*, juillet 1935). — La première conversation téléphonique bilatérale encerclant complètement le globe terrestre a eu lieu à New York en avril 1935. Les 2 appareils téléphoniques utilisés se trouvaient dans des salles distinctes au 26e étage du bâtiment du Service des lignes à grande distance (32 Sixth Avenue, New York). Au cours de ces essais, M. Gifford, Président, et M. Miller, Vice-Président de l'American Telephone and Telegraph Company, conversèrent ensemble, puis un certain nombre de personnes échangèrent également des conversations sur ce circuit faisant le tour du monde, pendant environ 30 minutes, le 25 avril 1935.

Ces conversations autour du monde furent possibles grâce à une coopération très étroite des administrations et exploitations privées téléphoniques intéressées, à savoir le Post Office britannique, l'Administration néerlandaise des téléphones, l'Administration des téléphones des Indes néerlandaises et le Bell System d'Amérique.

Le circuit utilisé était entièrement du type à 4 fils ; il se composait d'un circuit mixte en câble et en fils nus aériens (courant porteur) entre New York et San Francisco, d'un circuit radiotéléphonique de San Francisco à Bandoeng, dans l'Ile de Java, d'un circuit radiotéléphonique de Bandoeng à Amsterdam (Pays-Bas), d'un circuit en câble terrestre et sous-marin d'Amsterdam à London (Grande-Bretagne) et d'un autre circuit radiotéléphonique de London à New York.

Les longueurs approximatives de chaque section et les radiofréquences utilisées dans chaque liaison radiophonique sont indiquées dans le tableau ci-après.

Les opératrices qui ont établi cette communication autour du monde travaillaient dans les divers bureaux intéressés à des heures du jour très différentes. A New York, il était 9 h. 30 du matin et à San Francisco 6 heures 30 du matin ; entre San Francisco et Java, la voix humaine transmise passait du 25 avril au 26 avril et de nouveau

au 25 avril en atteignant Java, à 10 heures du soir. A Amsterdam il était 2 heures 50 l'après-midi et à Londres 2 heures 30 l'après-midi.

La communication mettait en œuvre au total 980 lampes à vide, dont 515 se trouvaient aux États-Unis d'Amérique. L'ensemble de ces lampes produisait un gain total d'environ 2000 décibels dans chaque

SECTIONS DE CIRCUIT	NATURE du circuit.	LONGUEUR en milles (1 mille = 1609 m.).	RADIOFRÉQUENCES utilisées.
New York—San Francisco	Câble et fil nu aérien (courant porteur)	3.500	
San Francisco—Bandoeng	Radio	8.700	Est-Ouest 10.840 kilocycles. Ouest-Est 9.415 kilocycles.
Bandoeng—Amsterdam..	Radio	7.300	Est-Ouest 19.355 kilocycles. Ouest-Est 18.535 kilocycles.
Amsterdam—London . . .	Câble	300	
London—New York	Radio	3.500	Est-Ouest 12.150 kilocycles. Ouest-Est 18.340 kilocycles.
	Totaux...	23.300	

sens de transmission. Le temps de propagation total des courants vocaux le long de ce circuit atteignait environ un quart de seconde ; et ce temps de propagation ne gênait pas les personnes qui parlaient aux deux extrémités du circuit. Cependant à un certain moment, pendant la conversation, des récepteurs téléphoniques placés près de l'un des correspondants furent reliés directement à l'autre extrémité du circuit par des conducteurs allant d'une des deux salles utilisées à l'autre. Il fut ainsi possible d'apprécier le retard entre la parole entendue à l'extrémité du circuit qui faisait le tour du monde, d'une part, et la parole entendue par les conducteurs directs d'autre

part ; et l'on constata que ce retard était relativement important. Il est intéressant de remarquer que, bien que les lignes terrestres ne comptent que pour 15 $^{o}/_{o}$ environ de la distance totale franchie par les courants vocaux, elles contribuaient pour environ 55 $^{o}/_{o}$ à ce temps total de propagation.

INFORMATIONS.

Le salon annuel de la T. S. F. de Paris en 1935. — Le douzième salon de la T.S.F., qui s'est tenu à Paris en septembre dernier, n'a été marqué, pas plus d'ailleurs que celui de l'an dernier, par aucun progrès révolutionnaire dans les procédés de réception. Cela ne veut pas dire qu'il y ait un ralentissement dans le perfectionnement des radiorécepteurs, mais ce perfectionnement semble se poursuivre — ou tout au moins s'être poursuivi, car prédire en ces matières serait bien aventureux — avec continuité, à partir de principes éprouvés (changement de fréquence, détection linéaire, etc...) et en s'attachant surtout à améliorer les réalisations. Cette continuité est d'ailleurs propice aux procédés de construction en série, et un heureux résultat en apparaît dans la possibilité de concilier maintenant des prix modérés et une qualité acceptable. On peut ainsi observer l'extension à une grande proportion des postes de commodités qui avaient été réservées d'abord à une proportion plus réduite : dispositifs contre l'évanouissement, avec montage silencieux, réglage optique et silencieux, etc...

On voit en outre reparaître une idée qui avait donné lieu depuis longtemps à quelques essais, mais qui semble cette fois bien mise au point : la solution au problème de concilier la sélectivité et la fidélité, solution offerte par un dispositif de sélectivité variable. Les réalisations de ce dispositif sont naturellement variables suivant les constructeurs : la largeur de la bande passante peut être réglée par variation d'un coefficient de couplage, ou bien par variation de l'amortissement dû à un circuit couplé auxiliaire dont on peut régler la résistance, ou encore par une commutation permettant de remplacer un seul circuit résonnant par deux circuits couplés, etc...

Les améliorations ne se limitent pas au perfectionnement des montages. Certains progrès mécaniques sont appréciables, tels que

la réalisation de bons contacteurs dont le rôle est spécialement important sur les postes « toutes ondes » et qui doivent remplir des conditions mécaniques et électriques difficiles, ces dernières d'autant plus qu'il s'agit de fréquences plus élevées.

D'autre part, pour ne pas perdre sur la qualité qu'ils se sont efforcés de maintenir jusqu'au haut-parleur, les constructeurs ont porté aussi leurs soins sur l'ébénisterie des postes, évitant de plus en plus des dimensions exiguës défavorables, et étudiant même des dispositions destinées à contribuer plus ou moins efficacement à la qualité de l'audition (réflecteurs, chicanes, etc...).

Pour les lampes, en dehors de l'amélioration de la construction, il faut noter un effort appréciable dans la voie de la « normalisation ». Il faut aussi signaler l'apparition de types de lampe métallique d'origine américaine.

A côté des efforts des constructeurs ce salon signalait ceux de l'Administration des P.T.T. pour doter la France d'un réseau puissant et de haute qualité. La section officielle, particulièrement importante, présentait les maquettes des stations récemment ou prochainement mises en service, de nombreuses vues photographiques, une carte lumineuse de l'ensemble du réseau, des graphiques et des statistiques. En outre un auditorium, dans un coin duquel on avait groupé dans une sorte de studio à parois transparentes la cabine de l'opérateur et la salle d'amplificateurs, permettait des auditions musicales quotidiennes avec le concours d'artistes et d'orchestres attachés aux divers studios d'émission. R. V.

La télévision aux Etats-Unis d'Amérique. (Extrait d'un rapport présenté par M. David Sarnoff, Président de la Radio Corporation of America, à l'Assemblée annuelle des actionnaires de la R.C.A., le 7 mai 1935 à New-York City et publié dans le numéro de septembre 1935 de la *Revue générale des Industries radioélectriques*). — La direction de la Radio Corporation of America, a formulé et adopté le plan en trois points suivants :

1° Créer le premier poste d'émission de télévision aux Etats-Unis, sur la base des plus hauts standards techniques. Ce poste sera situé dans un centre de population approprié, à proximité du labo-

ratoire de recherches de la R.C.A., de ses usines et de son centre de radiodiffusion à Radio-City ;

2° Fabriquer un nombre limité d'appareils récepteurs de télévision. Ceux-ci seront placés sur divers points stratégiques d'observation, de façon à pouvoir étudier le système de télévision de la R.C.A., de le modifier et de le perfectionner au fur et à mesure ;

3° Etablir un programme expérimental, conforme à la technique des studios, afin de déterminer le genre de programme le plus satisfaisant.

Grâce aux trois points de ce plan de démonstration pratique, nous chercherons à déterminer, en partant de l'expérience ainsi acquise, quels sont les besoins techniques et quelles sont les conditions que le programme devra remplir pour permettre la fourniture à domicile d'un service régulier de télévision.

Il faut compter de douze à quinze mois pour construire le poste expérimental d'émission, pour fabriquer les postes récepteurs d'étude et pour commencer la diffusion des programmes d'essai.

Les frais pour la mise en œuvre de ce plan se monteront approximativement à 1 million de dollars.

Afin de se rendre compte exactement des promesses et des limites présentes de la télévision, je résumerai ici son état actuel et la position de la R.C.A. dans ce domaine.

On pourra juger de l'avancement de nos recherches et de nos progrès techniques par le fait que nous avons pu obtenir des images de 343 traits au lieu des grossières images de 30 traits d'il y a plusieurs années. La fréquence des images, dans le système primitif, était d'environ 12 à la seconde ; elle est à présent d'à peu près 60. Ces progrès permettent la réception à des distances limitées d'images relativement claires dont les dimensions ont augmenté sans nuire à la netteté.

Au point de vue pratique la télévision est actuellement comparable dans ses imperfections à la vision que l'on a d'une parade lorsqu'on est à la fenêtre d'un « building », ou à ce que l'on voit d'un jeu de base-ball lorsqu'on est sur un toit voisin du stade, ou au spectacle d'un championnat lorsqu'on est assis sur les derniers gradins d'un vaste amphithéâtre.

Dans l'état actuel des choses le service de télévision de chaque poste d'émission se réduit à un rayon de 15 à 25 milles. Pour fournir la télévision aux 3 millions de milles carrés des Etats-Unis, il faudrait une multitude de postes occasionnant des frais considérables et présentant en outre un grave problème : celui de l'interconnexion, réalisation d'un réseau de lignes permettant la diffusion du même programme sur de vastes étendues de territoire.

Les réseaux actuellement existants et disponibles ne peuvent pas servir à l'interconnexion des postes de télévision. Pour cette raison, il faudrait développer les relais de T.S.F. ou créer un nouveau réseau de lignes pour remplir le rôle de celui qui relie actuellement les stations de T.S.F. entre elles.

Tandis que le problème de l'interconnexion demeure l'un des grands obstacles à l'extension de l'émission et de la réception, l'un des grands progrès réalisés dans le domaine des recherches est l'invention et le perfectionnement par des ingénieurs de la R.C.A. de l' « iconoscope ». Il s'agit d'un œil électrique qui a fait réaliser de grands progrès à la télévision, car il permet de recueillir plus facilement une scène se passant dans un studio et de diffuser des spectacles ayant lieu à distance, donnant ainsi au poste émetteur le rôle de l'objectif photographique. Avec l'iconoscope on a pu transmettre et recevoir des images.

BREVETS D'INVENTION

Télégraphie.

785.950. Système télégraphique de communication à distance. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

786.100. Dispositif pour la signalisation et la transmission d'ordres à distance. (Ateliers J. Carpentier, France, Seine).

786.104. Dispositif pour augmenter l'écart entre le niveau de dérangement et le niveau de signal, dans des installations de signalisation à distance. (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Allemagne).

786.232. Dispositif de correction pour appareils télégraphiques transmetteurs et récepteurs et autres appareils tournants. (Ateliers L. Doignon, Anciens ateliers Froment (société anonyme), France, Seine).

786.365. Récepteur télégraphique. (M. Edward Frederick Kleinschmidt, Etats-Unis d'Amérique).

786.554. Perfectionnements aux mécanismes de tabulation pour appareils télégraphiques imprimeurs. (Creed and Company Limited, Angleterre).

787.772. Procédés perfectionnés pour le secret des communications électriques. (Invention Emile Labin). — (Société Continentale de Télévision, France, Seine).

788.216. Dispositif pour l'émission des impulsions provoquées par le disque numéroté des installations de téléimprimeurs. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

788.530. Perfectionnements aux mécanismes sélecteurs convenant particulièrement aux téléimprimeurs. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

789.038. Récepteur télégraphique automatique. (M. Yoshito Watanabe, Japon).

789.161. Perfectionnements aux systèmes et appareils télégraphiques ou analogues. (Creed and Company Limited, Angleterre).

Téléphonie.

786.308. Perfectionnements aux systèmes translateurs et amplificateurs d'ondes électriques de signalisation. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

786.456. Perfectionnements aux systèmes de transmission par courants porteurs. (Lignes Télégraphiques et Téléphoniques, France, Seine-et-Oise).

786.537. Perfectionnements aux systèmes électriques de signalisation. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

786.578. Relais électrique (M. Bertil Johann Brander, Suède).

786.918. Dispositif pour le réglage automatique de la valeur de l'exposant de propagation. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

787.039. Procédé de téléphonie par l'intermédiaire de lignes de correspondants de grande longueur. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

787.125. Perfectionnements aux appareils téléphoniques. (Société nouvelle de constructions téléphoniques (Brevets Tchoubritch-Derval), France, Seine).

787.215. Perfectionnements aux dispositifs de télécommande. (Compagnie des téléphones Thomson-Houston, France, Seine).

787.239. Dispositif de régulation des niveaux téléphoniques. (Société française Radio-électrique, France, Seine).

787.487. Installation téléphonique dans laquelle les transmissions ne peuvent être interceptées par les tiers. (M. Mastini, Domenico, Italie).

787.936. Répéteur commun pour fréquences audibles et porteuses. (M. Arthur Carlyle Timmis, Angleterre).

788.054. Dispositif de circuit pour postes téléphoniques à monnaie. (Telefonaktiebolaget L.M. Ericsson, Suède).

788.231. Liaison radiophonique automatique en combinaison avec des réseaux téléphoniques. (M. Domenico Mastini, Italie).

788.344. Combiné téléphonique en matière moulée sous pression. (Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Allemagne).

788.463. Installation auxiliaire pour appareils téléphoniques. (M. Hans Broder, Suisse).

788.514. Câble à haute fréquence. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne).

788.749. Dispositif de commutation permettant l'envoi, sur une même ligne, de messages téléphonés ou télégraphiés. (M. Edward Ernst Kleinschmidt, Etats-Unis d'Amérique).

788.810. Perfectionnements aux systèmes téléphoniques automatiques ou semi-automatiques et en particulier aux systèmes à bureaux satellites. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

788.927. Microphone portatif. (Radio Corporation of America Etats-Unis d'Amérique).

789.060. Dispositif de transmission à haute fréquence par câbles. (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne).

789.149. Perfectionnements aux systèmes de signalisation électrique. (Automatic Electric Company Limited, Angleterre).

45.431. Perfectionnements aux systèmes de transmission. (Lignes télégraphiques et téléphoniques, France, Seine-et-Oise). — (1re Addition au brevet n° 762.210).

45.474. Transmission à l'aide d'ondes électriques le long de conducteurs métalliques quelconques, de nouvelles, du son et des images. (M. Jacob Johann Laub, Allemagne). — (1re Addition au brevet n° 759.015).

45.556. Câble téléphonique fonctionnant avec des amplificateurs. (Siemens et Halske Aktiengesellschaft, Allemagne). — (3e Addition au brevet n° 747.368).

45.592. Microphone perfectionné. (Société indépendante de Télégraphie sans fil, France, Seine). — (1re Addition au brevet n° 771.073).

Transmission des images.

785.474. Réception par radio-diffusion d'émissions de télévision synchronisées suivant le procédé des amplitudes. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

Pour pouvoir accroître le taux de modulation de l'onde porteuse par les signaux d'images, dans le cas où la synchronisation des images se fait par l'emploi de signaux de synchronisation de courte durée mais d'amplitude beaucoup plus grande que celles des signaux d'images, on place à la sortie du détecteur de courants d'images dans le poste radiorécepteur (lequel fonctionne suivant une loi linéaire), un dispositif à caractéristique non-linéaire qui procure une amplification préférentielle des signaux de synchronisation. On peut ainsi mieux utiliser l'énergie du poste radioémetteur pour la diffusion d'images animées.

786.136. Perfectionnements aux appareils de télévision. (M. Hans Knudsen, Angleterre).

786.335. Récepteur de télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

786.364. Perfectionnements aux systèmes de télévision et analogues. (Robert Lyon et A.T. Stoyanowsky, France, Seine).

786.481. Procédé et moyens d'analyse et d'intégration d'images en télévision et sciences connexes. (M. Lénier Henri-Roger, France, Seine).

786.900. Réception de télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

786.901. Récepteur de télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

786.929. Procédé et dispositifs de contrôle des fréquences des signaux dans les systèmes de télévision. (M. Irwin-Léonard Maguire, Australie).

787.024. Procédé de télévision par film intermédiaire utilisant une couche sensible à la lumière, non complètement sèche, mais ayant seulement fait prise. (Fernseh A.G. Allemagne).

787.166. Perfectionnements aux systèmes récepteurs de télévision et analogues. (Marconi's Wireless Telegraph Company Limited, Angleterre).

787.229. Tube cathodique avec chambre de modulation. (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

787.366. Perfectionnements aux systèmes de télévision et systèmes analogues. (Robert Lyon et A.T. Stoyanowsky, France, Seine).

787.661. Perfectionnements aux dispositifs photoélectriques. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

787.688. Perfectionnements aux appareils de signalisation électrique. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

788.023. Perfectionnements aux systèmes transmetteurs de télévision. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

788.076. Procédé de synchronisation pour la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne).

788.395. Système de télévision basé sur l'action réciproque des courants à phases décalées. (MM. Gabrilovitch, Léonide, Isnard, Vadime, Berthon, Rodolphe et Aubert, Jean-Marcel), France, Seine).

788.484. Appareil de contrôle électrique. (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

788.726. Montage pour aires à cellules lumineuses, pour la transmission d'images. (M. August Karolus, Allemagne).

788.761. Perfectionnements aux systèmes amplificateurs comprenant une cellule photo-électrique. (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, France, Seine).

789.125. Appareil de télévision. (M. Gabriel-Jules-Auguste Pelletier, France, Seine).

45.442. Dispositif d'audion pour récepteurs à ondes ultra-courtes, particulièrement destiné à la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne). — (2e addition au brevet n° 770.575).

45.446. Dispositif d'audion pour récepteurs à ondes ultra-courtes, particulièrement destiné à la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne). — (3e addition au brevet n° 770.575).

45.447. Dispositif d'audion pour récepteurs à ondes ultra-courtes, particulièrement destiné à la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne), 4e addition au brevet n° 770.575).

45.458. Dispositif d'audion pour récepteurs à ondes ultra-courtes, particulièrement destiné à la télévision. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne). — (5e addition au brevet n° 770.575).

45.574. Procédé de synchronisation de récepteurs de télévision par l'émetteur. (Radioaktiengesellschaft D.S. Lœwe, Allemagne). — (1re addition au brevet n° 773.649).

Radiocommunications.

786.037. Perfectionnements aux dispositifs automatiques pour accord des radio-récepteurs (Sté Electric and Musical Industries Limited, Angleterre).

786.073. Dispositif de protection, plus particulièrement pour lampes thermioniques et analogues (Radio Corporation of America, Etats-Unis d'Amérique).

786.098. Dispositif antiparasite intégral à amplification parasitaire latérale et à opposition de phase (M. Raymond Brosset, France, Seine).

786.144. Dispositif de repérage des stations émettrices sur les postes récepteurs de T.S.F. (M. Umberto Galli, France, Seine).

786.165. Système d'accouplement pour circuits à haute fréquence (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

786.223. Dispositif de liaison pour circuits électriques à courants alternatifs et ses applications, notamment aux postes récepteurs radioélectriques (MM. Adrien Garsuault et François Lemaire, France, Maine-et-Loire).

786.234. Dispositif de synchronisation pour courants de haute ou de basse fréquence (Sté Française Radio-électrique, France, Seine).

786.265. Perfectionnements aux générateurs à lampes électroniques (Société française Radioélectrique, France, Seine).

786.283. Système antiparasite pour réceptions radioélectriques (Inventeurs : MM. André Bastide et Léon Duzea). — (Société Sonora Radio, France, Seine).

786.294. Emetteur d'ondes ultra-courtes pour agir particulièrement sur les substances dipolaires. (M. Ernst, Eduard, Wilhelm Kassner, Angleterre).

786.296. Tube électronique, oscillatrice à boules génératrice du spectre d'ondes quasi-optiques. (M. Ernst, Eduard, Wilhelm Kassner, Angleterre).

786.297. Tube d'émission d'isomérie à grilles multiples pour produire des oscillations non amorties du spectre des ondes quasioptiques et ultra-courtes. (M. Ernst, Eduard, Wilhelm Kassner, Angleterre).

786.300. Procédé et dispositif de réglage de récepteurs radiophoniques et analogues. (M. Léon, Ladislaus von Kramolin, Allemagne).

786.404. Système de magnétron (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H. Allemagne).

786.417. Dispositif pour l'émission ou la réception dirigées d'ondes électromagnétiques ultra-courtes. — (Naamlooze Vennootschap Machinerieën- en Apparaten Fabrieken « Meaf », Pays-Bas).

786.515. Perfectionnements aux appareils sensibles à la direction de propagation des ondes électro-magnétiques. (Le Matériel Téléphonique, France, Seine).

786.611. Système de couplage entre une conduite fermée et une conduite ouverte pour ondes électromagnétiques à très haute fréquence. (Naamlooze Vennootschap Machinerieën- en Apparaten Fabrieken « Meaf », Pays-Bas).

786.681. Perfectionnements aux appareils à lampes électroniques utilisables avec les ondes très courtes. (Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd, Angleterre).

786.793. Perfectionnements aux réflecteurs pour ondes ultracourtes. (Telefunken Gesellschaft für drathlose Telegraphie m.b.H., Allemagne).

786.815. Appareil récepteur de radio-communications également applicable à la publicité. (MM. Maxime Baze, Edouard Brisson et Henri de Pontaud, France, Seine).

786.978. Disposition de volume-contrôle pour radio-récepteurs. (Hazeltine Corporation, Etats-Unis d'Amérique).

45.262. Antenne pour émetteurs de radio-diffusion (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne,) — (1re addition au brevet N° 738.782).

45.297. Dispositif pour influencer le rayonnement d'ondes électriques (C. Lorenz Aktiengesellschaft, Allemagne). — (1re addition au brevet N° 682.928).

BIBLIOGRAPHIE.

Lampes électroniques, 3ème volume : **Réaction (Elektronen-Röhren : Rückkopplung),** par H. Barkhausen, 1 vol. in-8°, de xv-174 pages, avec 85 figures, 4ème édition, 1935. Prix : 5,5 RM. Editeur : S. Hirzel, Leipzig C 1.

L'ouvrage se compose de 2 parties : l'une consacrée aux auto-oscillateurs, l'autre à la réaction au sens habituel du mot (au-dessous de la limite d'entretien).

Dans la première partie l'auteur expose d'abord les conditions de l'amorçage des oscillations (phase, amplitude) et les divers types d'entretien (transformateur, montage à trois points, etc...). Il étudie ensuite l'amplitude limite des oscillations (limites du courant et de la tension), la stabilité de cette amplitude, la stabilité de la fréquence en fonction de la température et des tensions d'alimentation. Deux chapitres spéciaux sont consacrés aux oscillations de relaxation et aux oscillations internes (oscillations de Barkhausen, oscillations par magnétrons).

La deuxième partie de l'ouvrage contient l'exposé des moyens habituels de réaction, avec application aux amplificateurs à large bande passante et à la superréaction.

Les nombreuses données numériques, que l'on trouve au milieu de développements théoriques dont aucun ne fait appel à des connaissance mathématiquэs élevées, font de cet ouvrage un instrument pratique pour l'ingénieur.

H. S.

BULLETIN D'INFORMATIONS, DE DOCUMENTATION ET DE STATISTIQUE.

REVUE MENSUELLE

publiée par les soins du Ministère des Postes, Télégraphes et Téléphones.

Prix de l'abonnement annuel

Personnes appartenant à l'Administration des P.T.T. .... 20 fr.
Personnes étrangères à l'Administration .... 50 fr.

(Pour la prise en charge du montant des abonnements, voir *Bulletin Officiel*, n° 15 de 1932, page 517).

Sommaire du n° 10 de l'année 1935 (4e année).

La ligne postale aérienne France-Congo (Régie Air-Afrique), par M. Navech, sous-chef de bureau à la Direction de l'Exploitation postale et des Services financiers.

PAGES ET DOCUMENTS D'HISTOIRE POSTALE.

Taxes et tarifs postaux jusqu'à la Révolution.

ADMINISTRATION FRANÇAISE DES P.T.T.

1° POSTE ET SERVICES FINANCIERS.

Recettes budgétaires de septembre 1935.
Règlement d'administration publique relatif à la suppression des remises allouées au personnel des postes, télégraphes et téléphones pour la notification de sommations et de commandements.
Horaires d'hiver des lignes aériennes exploitées par la Société « Air Bleu ».

2° TÉLÉGRAPHE.

Prolongation de la période expérimentale au cours de laquelle un télégramme du prix unitaire de 3 fr. pour un maximum de 15 mots est admis dans le régime intérieur.
Extension du service des télégrammes téléphonés, en dehors des heures d'ouverture du service télégraphique, à tous les bureaux où le service des abonnés au téléphone est prolongé.

3° TÉLÉPHONE.

Création de communications dont la taxe est à percevoir sur le demandé.
Fonctionnement du service téléphonique au cours du 2ème trimestre 1935.

4° RADIODIFFUSION.

Décret relatif à la déclaration des postes récepteurs de radiodiffusion et au recouvrement de la redevance d'usage y afférente.
Création d'un centre d'écoute des émissions radiophoniques.
Création d'un centre d'enregistrement des émissions radiophoniques.

OFFICES ÉTRANGERS.

1° Poste.

Allemagne. — La publicité au service de la Poste. — Les véhicules postaux électriques.

Etats-Unis. — Le trafic aéropostal.

Danemark. — La distribution des correspondances le dimanche.

Grande-Bretagne. — L'organisation du Post Office.

Suède. — La caisse d'épargne postale.

2° Télécommunications.

Statistique du nombre des licences de radiodiffusion.

Statistique du nombre des radiocentrales et de leurs abonnés.

Allemagne. — Les télécommunications et l'industrie. — Statistique des auditeurs de radiodiffusion.

Belgique. — Réorganisation des services de radiodiffusion. — Arrêté ministériel du 17 août 1935 relatif aux parasites radio-électriques.

Chine. — Rattachement de la Chine au réseau téléphonique mondial.

Grande-Bretagne. — Télégramme de vœux sur formules spéciales. — Analyse du trafic télégraphique. — Accroissement du trafic télégraphique. — Nouvelles facilités téléphoniques.

Lithuanie. — Taxes de licences de radiodiffusion.

Norvège. — Nouveaux câbles radiophoniques. — Liaisons téléphoniques terrestres par ondes ultra-courtes.

Pays-Bas. — Enregistrement de communications téléphoniques sur disques

BIBLIOGRAPHIE.

A. — Articles de revue.

B. — Ouvrages récemment entrés à la Bibliothèque centrale.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

Postes.

Congrès du Caire de l'Union postale universelle 89
La marche générale des Services de l'Administration française des P.T.T. pendant l'année 1933 92
Gestion financière des Services de l'Administration française des P.T.T. pendant l'année 1933 179

Télégraphes.

Revue de 1934 .... 222, 347

INFORMATION

Décès du Dr Räber, directeur du Bureau de l'Union internationale des télécommunications 89

BIBLIOGRAPHIE

Cours de lignes téléphoniques et télégraphiques souterraines, par J. Mailley, ingénieur en chef des P.T.T. 494

Téléphones.

Contrôleur enregistreur de trafic et de comptage pour ligne téléphonique d'abonné, par R. Girard, vérificateur des I.E.M. 126
Revue de 1934 .... 222, 347
Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière du C.C.I.F. — Transmission (Lignes), par M. Parmentier, ingénieur des P.T.T. 609
Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière du C.C.I.F. — Qualité de transmission et appareils d'abonnés, par P. Chavasse, ingénieur des P.T.T. 741
Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière du C.C.I.F. — Coordination de la téléphonie et de la radiotéléphonie, par A. Labrousse, ingénieur des P.T.T. 756
Le nouveau matériel administratif de répartition pour les petits bureaux, par P. Reyroles, ingénieur des P.T.T. 760
Les services spéciaux dans le réseau de Bruxelles, par Georges Monnig, directeur à la Régie des Télégraphes et des Téléphones de Belgique 789
L'élimination des courants parasites dans les mesures de localisation de défauts d'isolement, par L. Simon, ingénieur des P.T.T. 823

Note sur le théorème d'addition des affaiblissements transductiques, par M. BÉLUS, ingénieur des P.T.T. 993

Documents relatifs au calcul des réseaux téléphoniques automatiques : courbes d'appels perdus dans le cas de faisceaux de lignes complets, par Félix POLLACZEK 997

Appel de la table d'essais et de mesures au moyen d'un sifflet, par M.-L. ALMQUIST 1011

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES

Boîte portative d'essais de transmission, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des P.T.T. 170

Sur la mesure de l'équivalent d'un circuit interrégional, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des P.T.T. 283

Bathymètre pour dicordes, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des P.T.T. 474

Sur quelques dispositifs de stabilisation commandés par les courants vocaux, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des P.T.T. 573

L'influence de la longueur et de l'isolement des lignes d'abonnés sur la commutation dans le système Rotary de Paris, par G. LETELLIER, ingénieur des P.T.T. 686

Dispositifs antiparasites pour circuit téléphonique, par R. BIGORGNE et P. MARZIN, ingénieurs des P.T.T. 1016

REVUE DES PÉRIODIQUES

Le tour du monde par téléphone 1131

INFORMATIONS

Statistiques téléphoniques mondiales 385

Progrès réalisés dans les relations téléphoniques entre la France et les autres pays du 1er juillet 1934 au 1er juillet 1935 776

Effets du givre et du brouillard sur les communications téléphoniques à haute fréquence 954

BIBLIOGRAPHIE

Electrical communication, par Arthur, Lemuel ALBERT 200

Lignes téléphoniques, par C. GUTTON 395

Cours de lignes téléphoniques et télégraphiques souterraines, par J. MAILLEY, ingénieur en chef des P.T.T. 494

Lignes.

Construction des conduits multiples. — Essais effectués pour la comparaison du système de construction en dalles enrobées et du système dit « monolithe », par Jean MAILLEY, ingénieur en chef des P.T.T et Jacques CHAMBOLLE, ingénieur des P.T.T. 705

L'élimination des courants parasites dans les mesures de localisation de défauts d'isolement, par L. SIMON, ingénieur des P.T.T. 823

Câble de contre-couplage, nouveau procédé d'équilibrage des dyssymétries des capacités partielles entre conducteurs d'une quarte de câble téléphonique, par M. H.W. DROSTE 873
Expériences effectuées sur un câble régional compensé par le procédé du câble de contre-couplage, par K. SIEBER 882
Les dépôts de givre et de verglas sur les lignes aériennes, par R. DEMOGUE, ingénieur des P.T.T. 965
Pose de câbles téléphoniques aériens dans la région de Lille, par J. DAUVIN, ingénieur en chef des P.T.T. 1045

Radioélectricité.

L'exploration à vitesse variable en télévision 116
Travaux et recherches du Laboratoire National de radioélectricité au cours de l'année 1934, par C. GUTTON, directeur 205
Revue de 1934 347
Le problème de la télévision à grande distance, par G. VALENSI, ingénieur en chef des P.T.T. 301, 401, 501
Note sur la recherche et la suppression des parasites de T.S.F. produits par les lignes d'énergie, par Emile BOYER, inspecteur breveté des P.T.T. ... 771
Le centre de mesures et de contrôle des émissions radioélectriques, par G. ESPINASSE, ingénieur des P.T.T. 808
L'amplification en télévision, par G. KRAWINKEL, Dr-ingénieur 845
Théorie des lampes à plusieurs électrodes (Résumé de la traduction d'un article de H.A. PIDGEON) 896
La radiodistribution dans quelques pays européens 921
Note sur la mesure des constantes d'une lampe à trois électrodes, par J.B. POMEY, ancien inspecteur général des P.T.T. 989
Etude des régulateurs de niveau et dispositifs «antifading», par Georges ESPINASSE, ingénieur des P.T.T. 1098

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Appareil pour la mesure du degré de gravité des perturbations radioélectriques, par H. SUBRA, ingénieur des P.T.T. 368

REVUE DES PÉRIODIQUES.

La section de télévision de la 11e exposition allemande de T.S.F. 82
La théorie de l'exploration en télévision 291
Le radiotéléscripteur Siemens-Hell 860
Résultats des mesures de champ effectuées dans la zone d'action du poste émetteur de télévision de Berlin 946
Réalisation des oscillateurs pour ondes très courtes 1026
Le Centre international de radiocommunications médicales 1130

INFORMATIONS

Le salon annuel de la T.S.F. de Paris en 1935 1134
La télévision aux Etats-Unis 1135

BIBLIOGRAPHIE.

Guide de l'électricien pour l'élimination des parasites industriels, par P. Baize, ingénieur en chef des P.T.T. 298
Le problème de l'alimentation par le secteur, par P. Hémardinquer.... 392
Les bases physiques de la télévision, par B. Kwal.......... 396
Les ondes courtes et ultra-courtes, par P. Hémardinquer et H. Piraux.. 497
Les parasites en T.S.F. et leur élimination, par R. Singer.......... 498
Radio-électricité générale (Tome I : Etude des circuits et de la propagation), par R. Mesny.......... 785
Lampes électroniques, 3e volume : Réaction, par H. Barkhausen 1144

Acoustique.

La distorsion non-linéaire en électro-acoustique appliquée, par I. Podliasky, ingénieur-conseil 1
L'acoustique dans l'architecture, par D.A. Kirchner.... 455, 534, 624

BIBLIOGRAPHIE.

Acoustique appliquée (Applied acoustics), par H.F. Olson et F. Massa.. 398
Electroacoustique, par Ph. Le Corbeiller, ingénieur en chef des P.T.T.. 496
Acoustique des salles, par F.H. Van Den Dungen 869

Divers.

Aménagement et organisation d'un magasin de matériel, par A. Ducourneau, inspecteur breveté et C. Bouchard, rédacteur principal des P.T.T. 55
Magnétisme, électricité et électromagnétisme, jusqu'à l'époque du travail fondamental de Faraday en 1831, par J.J. Fahie...... 70, 138, 251
Sur la stabilité d'un réseau à réaction, par Marcel Bayard, ingénieur des P.T.T. 109
Les commandes photo-électriques industrielles, par Maurice Wilfart.... 648
Relation entre l'affaiblissement et le déphasage d'un système de transmission linéaire, par R. Leroy, ingénieur des P.T.T. 733
L'élimination des courants parasites dans les mesures de localisation de défauts d'isolement, par L. Simon, ingénieur des P.T.T. 823
Le thyratron à cathode chauffée, par R. Petit, ingénieur à la Compagnie générale de Radiologie 832
Note sur le théorème d'addition des affaiblissements transductiques, par M. Bélus, ingénieur des P.T.T. 993
Les méthodes d'étude de la corrosion, par Nathalie Goldowski, docteur de l'Université de Paris.......... 1002
Considérations sur les divers modes de transmission et de conversion de l'énergie électrique, par G. Laurent.......... 1118

REVUE DES PÉRIODIQUES

Les rayons cosmiques 484
Expériences de captation de l'électricité atmosphérique.......... 696
Sur les oscillographes cathodiques à vide élevé 938

Image électronique d'une photocathode 943
Sur les décharges en haute tension continue entre électrodes dyssymétriques dans l'air à pression normale 950
Réalisation d'étincelles électriques très courtes 1030

INFORMATIONS

Décès du professeur Pupin 489
Effets du givre et du brouillard sur les communications téléphoniques à haute fréquence 954
Cours gratuit d'installateurs de dispositifs antiparasites 1036

BIBLIOGRAPHIE.

Evariste Galois et la théorie des équations algébriques, par G. VERRIEST . . 104
L'allumage des moteurs à explosion par bobine d'induction, par A. BOURY et A.M. TOUVY 104
Solénoïdes, écrans et transformateurs, par Paul BUNET 199
Le graphite (*Etude technique*), par René SAUFFRIGNON 392
Memento d'électrotechnique, tome IV : Applications de l'électricité, par A. CURCHOD 392
Appareils pour le calcul mécanique de l'intégrale du produit de deux fonctions, par A. NESSI et L. NISOLLE 394
Pendules électriques, par J. GRANIER 396
Etude thermodynamique de la tension superficielle, par Raymond DEFAY. 497
Les filtres électriques, par Pierre DAVID 963

BREVETS D'INVENTION : . . 99, 195, 294, 388, 491, 600, 701, 780, 867, 956, 1038, 1138

Pour permettre les références aux divers fascicules, voici l'indication de la première page de chacun d'eux : janvier, p. 1 ; février, p. 109 ; mars, p. 205 ; avril, p. 301 ; mai, p. 401 ; juin, p. 501 ; juillet, p. 609 ; août, p. 705 ; septembre, p. 789 ; octobre, p. 873 ; novembre, p. 965 ; décembre, p. 1045.

TABLE ALPHABÉTIQUE PAR NOMS D'AUTEURS.

ALMQUIST	Appel de la table d'essais et de mesures au moyen d'un sifflet	1011
BAYARD	Sur la stabilité d'un réseau à réaction	109
BÉLUS	Note sur le théorème d'addition des affaiblissements transductiques	993
BIGORNE ET MARZIN.	Boîte portative d'essais de transmission	170
	Sur la mesure de l'équivalent d'un circuit interrégional	283
	Bathymètre pour dicordes	474
	Sur quelques dispositifs de stabilisation commandés par les courants vocaux	573
	Dispositifs antiparasites pour circuit téléphonique.	1016
BOUCHARD	Voy. DUCOURNEAU	
BOYER	Note sur la recherche et la suppression des parasites de T.S.F. produits par les lignes d'énergie	771
CHAMBOLLE	Voy. MAILLEY.	
CHAVASSE	Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière du C.C.I.F. — Qualité de transmission et appareils d'abonnés.	741
DAUVIN	Pose de câbles téléphoniques aériens dans la région de Lille	1045
DEMOGUE	Les dépôts de givre et de verglas sur les lignes aériennes	965
DROSTE	Câble de contre-couplage, nouveau procédé d'équilibrage des dyssymétries des capacités partielles entre conducteurs d'une quarte de câble téléphonique	873
DUCOURNEAU ET BOUCHARD	Aménagement et organisation d'un magasin de matériel	55
ESPINASSE	Le centre de mesures et de contrôle des émissions radioélectriques	808
	Etude des régulateurs de niveau et dispositifs « antifading »...	1098
FAHIE	Magnétisme, électricité et électromagnétisme jusqu'à l'époque du travail fondamental de Faraday, en 1831 .... 70, 138,	251
GIRARD	Contrôleur enregistreur de trafic et de comptage pour ligne téléphonique d'abonné............	126
GOLDOWSKI	Les méthodes d'étude de la corrosion..........	1002
GUTTON	Travaux et recherches du Laboratoire national de radioélectricité au cours de l'année 1934......	205
KIRCHNER.........	L'acoustique dans l'architecture.... 455, 534,	624
KRAWINKEL	L'amplification en télévision	845

LABROUSSE	Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière du C.C.I.F. — Coordination de la téléphonie et de la radiotéléphonie	756
LAURENT..........	Considérations sur les divers modes de transmission et de conversion de l'énergie électrique....	1118
LEROY	Relation entre l'affaiblissement et le déphasage d'un système de transmission linéaire........	733
LETELLIER	L'influence de la longueur et de l'isolement des lignes d'abonnés sur la commutation dans le système Rotary de Paris......................	686
MAILLEY ET CHAMBOLLE	Construction des conduites multiples. — Essais effectués pour la comparaison du système de construction en dalles enrobées et du système dit « monolithe ».........................	705
MARZIN	Voy. BIGORGNE.	
MONNIG	Les services spéciaux dans le réseau de Bruxelles..	789
PARMENTIER.......	Notes sur des questions traitées à la Xe Assemblée plénière de C.C.I.F. — Transmission (Lignes)..	609
PETIT	Le thyratron à cathode chauffée..............	832
PIDGEON	Théorie des lampes à plusieurs électrodes........	896
PODLIASKY	La distorsion non-linéaire en électro-acoustique appliquée	1
POLLACZEK	Documents relatifs au calcul des réseaux téléphoniques automatiques : Courbes d'appels perdus dans le cas de faisceaux de lignes complets....	997
POMEY............	Note sur la mesure des constantes d'une lampe à trois électrodes	989
REYROLES.........	Le nouveau matériel administratif de répartiteur pour les petits bureaux....................	760
SIEBER............	Expériences effectuées sur un câble régional compensé par le procédé du câble de contre-couplage	882
SIMON	L'élimination des courants parasites dans les mesures de localisation de défauts d'isolement...	823
SUBRA	Appareil pour la mesure du degré de gravité des perturbations radioélectriques	368
VALENSI	Le problème de la télévision à grande distance.. 401,	301, 501
WILFART	Les commandes photo-électriques industrielles..	648

Le Gérant :

HENRI DÉVÉ.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — 29-12-35.

L'ECOLE CHEZ SOI

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

Directeur-Fondateur : Léon EYROLLES C. ✻

Créatrice, il y a 44 ans, de l'Enseignement Technique par Correspondance est la seule Ecole qui :

1° Possède 450 volumes imprimés — résultat de plus de quarante années d'expérience et d'efforts — collection unique au monde, de cours constamment tenus à jour ;

2° S'appuie sur une Ecole de plein exercice, reconnue par l'Etat, dont les diplômes d'Ingénieurs ont une consécration officielle ;

3° Dispose pour l'Enseignement et les examens d'obtention des Diplômes, des importants Laboratoires, Ateliers et Champ d'Expériences de son Ecole d'Application de Cachan.

PRÉPARATIONS ADMINISTRATIVES

Ponts et Chaussées; Mines; Génie rural ; Service vicinal ; Services municipaux ; Ville de Paris ; P.T.T. (tous emplois) dont Chemins de Fer ; Colonies ; Armée ; Marine ; Aéronautique ; Emplois réservés ; Grandes Administrations publiques et privées.

CONCOURS OFFICIELLEMENT ANNONCÉS

Inspecteur adjoint du Contrôle de Travail des Agents de Chemins de Fer, 28 *Octobre* 1935 ; Commis stagiaire des services départementaux des assurances sociales, 14 *Octobre* 1935 ; Adjoint administratif stagiaire des Services extérieurs du Ministère de l'Air, 16 *Sept.* 1935 ; Ingénieur adjoint stagiaire du Cadre général des Météorologistes coloniaux, 5, 6 *Septembre* 1935 ; Conducteur des Travaux de Paris, 24 *Octobre* 1935 ; Agent adulte des Installations extérieures des P.T.T., 12 *Octobre* 1935 ; Commis des P.T.T., 7, 8 *Octobre* 1935.

CONCOURS PROBABLES

Ingénieur adjoint des Travaux Publics de la Ville de Paris, 2e *Semestre* 1935.

RÉSULTATS OBTENUS

5313 Ingénieurs de l'Etat, des Départements et des Villes. En 1933, tous les candidats admis au concours d'Ingénieur adjoint des Travaux Publics de l'Etat (75) sont élèves de l'Ecole.
207 Ingénieurs et Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées.
5 Ingénieurs des Mines.
82 Ingénieurs Principaux et Ingénieurs en Chef du Service Vicinal.
828 Ingénieurs adjoints du Service Vicinal.
303 Ingénieurs adjoints des Travaux Publics de la Ville de Paris.
25 Ingénieurs en Chef de la Ville de Paris.
35 Ingénieurs Géomètres de a Ville de Paris.
31 Ingénieurs adjoints du Génie rural.
61 Ingénieurs des Directions de Travaux Maritimes.
4 Ingénieurs des Travaux Publics au Maroc.
214 Rédacteurs Elèves de l'Ecole Supérieure des P.T.T.
9283 Autres situations administratives.

Des milliers de situations industrielles de tous ordres : Directeurs, Chefs de service, Ingénieurs et Techniciens.

PRÉPARATIONS INDUSTRIELLES

Travaux Publics-Mines
Bâtiment-Architecture
Béton armé
Topographie
Mécanique
Automobile
Aéronautique
Métallurgie
Electricité, T.S.F.
Chauffage et Installations sanitaires
Froid industrie
Comptabilité
Administration industrielle et commerciale

Diplômes de Commis, Dessinateur, Conducteur, Sous-Ingénieur et Ingénieur des diverses spécialités indiquées ci-dessus.

Préparation aux diverses professions et métiers

Enseignement général (1er et 2e degré)
Certificats de licence
Certificats de licence mathématiques

Brochures S (Notices, Catalogues, Liste nominative des résultats obtenus) et tous renseignements envoyés, à titre absolument gracieux, sur demande adressée à L'ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS (ÉCOLE CHEZ SOI), 12, rue Du Sommerard, Paris-Ve.

S. E. C. A. P.

Société d'Etude et de Construction d'Appareils de Précision

S. A. Cap. : 625.000 frs

217, Boulevard Voltaire, PARIS (11^{e})

Télégramme : Setucap-Paris

(3, Impasse des Jardiniers)

Téléphone : Roquette 84-30

Appareils Télégraphiques

MORSE — BAUDOT

Télégraphie automatique rapide

Etude de tous appareils de Précision

Fournisseur des Gouvernements Français et Etrangers

R. C. Seine 250.202.B.

ÉVREUX. — IMPRIMERIE HENRI DÉVÉ. — MCMXXXV.



